

Pregrado

**Carrera: GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO
ELÉCTRICO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA**

**Asignatura (UIC): PROYECTO DE
INTEGRACION CURRICULAR**

Trabajo de titulación previo a la obtención del

**Título en: Tecnólogo Universitario en Gestión del
mantenimiento eléctrico y eficiencia energética**

**Tema: Instalación del sistema eléctrico, iluminación de
un centro de cultivo de la escuela 13 de Abril de la
parroquia Mulalillo junto con el sistema de puesta a
tierra.**

Autores:

Avilés Vargas Cristian Rolando

Bermeo Espinoza Braulio Isaías

Chuquimarca Ushiña Erick Saúl

Tutor: Ing. Portero Donoso Paola Alexandra

Fecha: 28/08/2024



Autor:



Avilés Vargas Cristian Rolando

Título a obtener: Tecnólogo Universitario en Gestión del mantenimiento eléctrico y eficiencia energética

Matriz: Sangolquí -Ecuador

Correo electrónico: cristianr.aviles@ister.edu.ec

Autor:



Bermeo Espinoza Braulio Isaías

Título a obtener: Tecnólogo Universitario en Gestión del mantenimiento eléctrico y eficiencia energética

Matriz: Sangolquí -Ecuador

Correo electrónico: braulio.bermeo@ister.edu.ec

Autor:



Chuquimarca Ushiña Erick Saúl

Título a obtener: Tecnólogo Universitario en Gestión del mantenimiento eléctrico y eficiencia energética

Matriz: Sangolquí -Ecuador

Correo electrónico: erick.chuquimarca@ister.edu.ec

Dirigido por:



Portero Donoso Paola Alexandra

Título: Mg. En diseño y gestión de proyectos tecnológicos

Matriz: Sangolquí -Ecuador

Correo electrónico: paola.portero@ister.edu.ec

Todos los derechos reservados.

Queda prohibida, salvo excepción prevista en la Ley, cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública y transformación de esta obra para fines comerciales, sin contar con autorización de los titulares de propiedad intelectual. La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual. Se permite la libre difusión de este texto con fines académicos investigativos por cualquier medio, con la debida notificación a los autores.

©2025 Tecnológico Universitario Rumiñahui SANGOLQUÍ – ECUADOR

BERMEO ESPINOZA BRAULIO ISAÍAS

CHUQUIMARCA USHINÁ ERCK SAUL

AVILÉS VARGAS CRISTIAN ROLANDO

***INSTALACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO, ILUMINACIÓN DE UN
CENTRO DE CULTIVO DE LA ESCUELA 13 DE ABRIL DE LA PARROQUIA
MULALILLO JUNTO CON EL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA.***

CARTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**CT-ANX-2025-ISTER-2-2.3**

Sangolquí, 29 de agosto del 2025

MSc. Elizabeth Ordoñez
DIRECTORA DE DOCENCIA**MSc. Mónica Loachamín**
COORDINADORA DE TITULACIÓN**INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO RUMIÑAHUI CON CONDICIÓN DE
UNIVERSITARIO****Presente**

Por medio de la presente, yo, Avilés Vargas Cristian Ronaldo, declaro y acepto en forma expresa lo siguiente: Ser autor del trabajo de titulación denominado "Instalación del sistema eléctrico, iluminación de un centro de cultivo de la escuela 13 de Abril de la parroquia Mulalillo junto con el sistema de puesta a tierra", de la Tecnología Superior Universitaria en Gestión del mantenimiento eléctrico y eficiencia energética; y a su vez manifiesto mi voluntad de ceder al Instituto Superior Tecnológico Rumiñahui con condición de Universitario los derechos de reproducción, distribución y publicación de dicho trabajo de titulación, en cualquier formato y medio, con fines académicos y de investigación.

Esta cesión se otorga de manera no exclusiva y por un periodo indeterminado. Sin embargo, conservo los derechos morales sobre mi obra.

En fe de lo cual, firmo la presente.

Atentamente,

**Aviles Vargas Cristian Rolando**
C.I.: 0503206856

CARTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**CT-ANX-2025-ISTER-2-2.3**

Sangolquí, (26) de (agosto) del 2025

MSc. Elizabeth Ordoñez
DIRECTORA DE DOCENCIA**MSc. Mónica Loachamín**
COORDINADORA DE TITULACIÓN**INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO RUMIÑAHUI CON CONDICIÓN DE
UNIVERSITARIO****Presente**

Por medio de la presente, yo, Bermeo Espinoza Braulio Isaías declaro y acepto en forma expresa lo siguiente: Ser autor del trabajo de titulación denominado, Instalación del sistema eléctrico, iluminación de un centro de cultivo de la escuela 13 de abril de la parroquia Mulalillo, junto con el sistema de puesta a tierra, de la Tecnología Superior Universitaria, en gestión de mantenimiento eléctrico y eficiencia energética, y a su vez manifiesto mi voluntad de ceder al Instituto Superior Tecnológico Rumiñahui con condición de Universitario los derechos de reproducción, distribución y publicación de dicho trabajo de titulación, en cualquier formato y medio, con fines académicos y de investigación.

Esta cesión se otorga de manera no exclusiva y por un periodo indeterminado. Sin embargo, conservo los derechos morales sobre mi obra.

En fe de lo cual, firmo la presente.

Atentamente,



Bermeo Espinoza Braulio Isaías
C.I.: 1400706402

CARTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**CT-ANX-2025-ISTER-2-2.3**

Sangolquí, 29 de agosto del 2025

MSc. Elizabeth Ordoñez
DIRECTORA DE DOCENCIA**MSc. Mónica Loachamín**
COORDINADORA DE TITULACIÓN**INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO RUMIÑAHUI CON CONDICIÓN DE
UNIVERSITARIO****Presente**

Por medio de la presente, yo, Chuquimarca Ushiña Erick Saul, declaro y acepto en forma expresa lo siguiente: Ser autor del trabajo de titulación denominado “Instalación del sistema eléctrico, iluminación de un centro de cultivo de la escuela 13 de Abril de la parroquia Mulalillo junto con el sistema de puesta a tierra”, de la Tecnología Superior Universitaria en Gestión del mantenimiento eléctrico y eficiencia energética; y a su vez manifiesto mi voluntad de ceder al Instituto Superior Tecnológico Rumiñahui con condición de Universitario los derechos de reproducción, distribución y publicación de dicho trabajo de titulación, en cualquier formato y medio, con fines académicos y de investigación.

Esta cesión se otorga de manera no exclusiva y por un periodo indeterminado. Sin embargo, conservo los derechos morales sobre mi obra.

En fe de lo cual, firmo la presente.

Atentamente,



Erick Saul Chuquimarca Ushiña
C.I.: 1722294178

**FORMULARIO PARA ENTREGA DE PROYECTOS EN BIBLIOTECA INSTITUTO
SUPERIOR TECNOLÓGICO RUMIÑAHUI CON CONDICIÓN DE
UNIVERSITARIO**

CT-ANX-2025-ISTER-3

CARRERA:

GESTION DE MANTENIMIENTO ELECTRICO Y EFICIENCIA ENERGETICA

AUTOR /ES:

AVILES VARGAS CRISTIAN RONALDO

BERMEO ESPINOZA BRAULIO ISAIAS

CHUQUIMARCA USHÑA ERICK SAUL

TUTOR:

ING, PORTERO DONOSO PAOLA ALEXANDRA

CONTACTO ESTUDIANTE:

0987898192

0979435191

0979524747

CORREO ELECTRÓNICO:

Cristian-aviles86@hotmail.com

brauliobermeo20@gmail.com

echuquimarca55@gmail.com

TEMA:

**INSTALACION DEL SISTEMA ELECTRICO, ILUMINACION DEL CENTRO DE
CULTIVO DE LA ESCUELA 13 DE ABRIL DE LA PARROQUIA MULALILLO, JUNTO
CON EL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA.**

OPCIÓN DE TITULACIÓN:

**TECNOLOGO UNIVERSITARIO, EN GESTION DE MANTENIMIENTO ELECTRICO Y
EFICIENCIA ENERGETICA**

RESUMEN EN ESPAÑOL:

El presente trabajo técnico tuvo como finalidad el diseño, ejecución y validación de un sistema de iluminación y conexión a tierra en el Centro de Cultivo Escolar “13 de Abril”, buscando así proporcionar condiciones ideales de visibilidad, seguridad eléctrica y eficiencia energética. Se colocaron luminarias LED de 200 W sobre el aula y de 300 W en la zona de cultivo, dispuestas de manera estratégica para conseguir una iluminación uniforme, además se

implementó un sistema TN-CS de conexión a tierra utilizando varillas de cobre de 1,80 m y un conductor de 8 AWG, garantizando la protección tanto de los usuarios como de los equipos.

Durante la realización del proyecto se llevaron a cabo pruebas de iluminación, mediciones de resistencia y validaciones eléctricas, comprobando la continuidad, la polaridad, la caída de tensión y los tiempos de activación de los interruptores. Los resultados indicaron que la iluminación llegó a niveles entre 500 lux, mientras que la resistencia de conexión a tierra se redujo de $47,8 \Omega$ a $6,88 \Omega$, cumpliendo con las normativas NFPA 70 y NTE INEN 3098, y la caída de tensión máxima fue del 2,4 %, lo que asegura seguridad y fiabilidad en el funcionamiento del sistema. El proyecto mostró un consumo energético de 1000 W, con un gasto mensual operativo de 15 USD, lo que respalda la viabilidad económica y la sostenibilidad del sistema. Además, se desarrollaron habilidades técnicas y habilidades sociales en los estudiantes participantes, fomentando un aprendizaje práctico en un entorno real que puede ser replicado por otras instituciones en áreas rurales.

Así, la intervención transformó un entorno educativo y productivo, asegurando una adecuada iluminación, protección eléctrica, eficiencia en el uso de energía y un efecto positivo en la formación tanto académica como comunitaria, estableciéndose como un modelo técnico y social para proyectos similares.

Palabras claves: agrícola, instalación, iluminación, sistema eléctrico, tierra.

ABSTRACT

The purpose of this technical project was to design, implement, and validate a lighting and grounding system at the "13 de Abril" School Growing Center, seeking to provide ideal visibility, electrical safety, and energy efficiency. 200W LED luminaires were installed in the classroom and 300W LED luminaires in the growing area, strategically arranged to achieve

uniform lighting. A TN-CS grounding system was also implemented using 1.80m copper rods and 8 AWG conductors, ensuring the protection of both users and equipment.

During the project, lighting tests, resistance measurements, and electrical validations were carried out, checking continuity, polarity, voltage drop, and switch trip times. The results indicated that lighting reached levels between 500 and 1079 lux, while grounding resistance was reduced from 47.8 Ω to 6.88 Ω , complying with NFPA 70 and NTE INEN 3098 standards. The maximum voltage drop was 2.4%, ensuring safe and reliable system operation. The project showed a power consumption of 1000 W, with a monthly operating cost of \$15, which supports the economic viability and sustainability of the system. In addition, technical and soft skills were developed among participating students, fostering hands-on learning in a real-world setting that can be replicated by other institutions in rural areas. Thus, the intervention transformed an educational and productive environment, ensuring adequate lighting, electrical protection, efficient energy use and a positive effect on both academic and community training, establishing itself as a technical and social model for similar projects.

Keywords: agricultural, installation, lighting, electrical system, land.



Firma
Avilés Vargas Cristian Rolando

C.I.: 0503206856



Firma
Bermeo Espinoza Braulio Isaías

C.I.: 1400706402



Firma
Chuquimarca Ushiña Erick Saúl
C.I.: 1722294178

SOLICITUD DE PUBLICACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**CT-ANX-2025-ISTER-4**

Sangolquí, 26 de agosto del 2025

Sres.-**INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO RUMIÑAHUI CON CONDICIÓN DE UNIVERSITARIO****Presente**

Yo Aviles Vargas Cristian Ronaldo, con C.I.:1722294178 alumno de la Carrera Gestión del MANTENIMIENTO ELÉCTRICO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA, cedo al INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO RUMIÑAHUI CON CONDICIÓN DE UNIVERSITARIO, los derechos de publicaciones del presente trabajo de Titulación en el Repositorio Institucional para hacer uso de todos los contenidos con fines estrictamente académico o de investigación.

Atentamente,



Firma del Estudiante

Avilés Vargas Cristian Rolando

C.I.: 0503206856

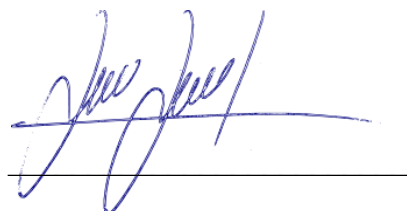
SOLICITUD DE PUBLICACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**CT-ANX-2025-ISTER-4**

Sangolquí, (26) de (agosto) del 2025

Sres.-**INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO RUMIÑAHUI CON CONDICIÓN DE UNIVERSITARIO****Presente**

Yo BERMEO ESPINOZA BRAULIO IASIAS, con C.I.1400706402 alumno de la Carrera GESTION DE MANTENIMIENTO ELECTRICO Y EFICIENCIA ENERGETICA cedo al INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO RUMIÑAHUI CON CONDICIÓN DE UNIVERSITARIO, los derechos de publicaciones del presente trabajo de Titulación en el Repositorio Institucional para hacer uso de todos los contenidos con fines estrictamente académico o de investigación.

Atentamente,

**Bermeo Espinoza Braulio Isaías**

C.I.: 1400706402

SOLICITUD DE PUBLICACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CT-ANX-2025-ISTER-4

Sangolquí, 26 de agosto del 2025

Sres.-

INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO RUMIÑAHUI CON CONDICIÓN DE UNIVERSITARIO

Presente

Yo Erick Saul Chuquimarca Ushiña, con C.I.:1722294178 alumno de la Carrera Gestión del MANTENIMIENTO ELÉCTRICO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA, cedo al INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO RUMIÑAHUI CON CONDICIÓN DE UNIVERSITARIO, los derechos de publicaciones del presente trabajo de Titulación en el Repositorio Institucional para hacer uso de todos los contenidos con fines estrictamente académico o de investigación.

Atentamente,



Firma del Estudiante

Erick Saul Chuquimarca Ushiña

C.I.: 1722294178

Dedicatoria

Dedicamos este trabajo a nuestras familias, quienes han estado a nuestro lado en todo momento con su paciencia, apoyo y consejos. A nuestros maestros y tutores, por brindarnos enseñanza y orientación en nuestra formación en la carrera de Gestión del Mantenimiento Eléctrico y Eficiencia Energética.

También dedicamos este proyecto a los estudiantes y al personal del Centro de Cultivo Escolar “13 de Abril”, que nos brindaron la oportunidad de llevar a cabo este trabajo práctico en sus instalaciones, contribuyendo a nuestro desarrollo profesional. Este logro es el resultado del esfuerzo, la perseverancia y la colaboración de todos aquellos que hicieron posible la finalización de este proyecto.

Agradecimientos

Queremos expresar nuestro agradecimiento principalmente a Dios, por otorgarnos fuerza, salud y sabiduría para alcanzar este objetivo académico.

A nuestros padres y familiares, por su apoyo constante, motivación y confianza en nuestros esfuerzos.

A nuestro tutor, por su paciencia, orientación y enseñanzas que nos permitieron realizar este trabajo técnico de manera estructurada y profesional.

A la institución educativa y al personal del Centro de Cultivo Escolar “13 de Abril”, por darnos acceso a sus instalaciones y por su apoyo en todas las fases del proyecto.

Por último, agradecemos a nuestros compañeros de carrera, por el trabajo colaborativo, la cooperación y el aliento mutuo, que hicieron posible la exitosa realización de este proyecto.

Resumen:

El presente trabajo técnico tuvo como finalidad el diseño, ejecución y validación de un sistema de iluminación y conexión a tierra en el Centro de Cultivo Escolar “13 de Abril”, buscando así proporcionar condiciones ideales de visibilidad, seguridad eléctrica y eficiencia energética. Se colocaron luminarias LED de 200 W en el aula y de 300 W en la zona de cultivo, dispuestas de manera estratégica para conseguir una iluminación uniforme, además se implementó un sistema TN-CS de conexión a tierra utilizando varillas de cobre de 1,80 m y un conductor de 8 AWG, garantizando la protección tanto de los usuarios como de los equipos.

Durante la realización del proyecto se llevaron a cabo pruebas de iluminación, mediciones de resistencia y validaciones eléctricas, comprobando la continuidad, la polaridad, la caída de tensión y los tiempos de activación de los interruptores. Los resultados indicaron un valor promedio de 158 lux, mientras que la resistencia de conexión a tierra se redujo de 47,8 Ω a 6,88 Ω , cumpliendo con las normativas NFPA 70 y NTE INEN 3098, y la caída de tensión máxima fue del 2,4 %, lo que asegura seguridad y fiabilidad en el funcionamiento del sistema. El proyecto mostró un consumo energético de 1000 W, con un gasto mensual operativo de 15 USD, lo que respalda la viabilidad económica y la sostenibilidad del sistema. Además, se desarrollaron habilidades técnicas y habilidades sociales en los estudiantes participantes, fomentando un aprendizaje práctico en un entorno real que puede ser replicado por otras instituciones en áreas rurales.

Así, la intervención transformó un entorno educativo y productivo, asegurando una adecuada iluminación, protección eléctrica, eficiencia en el uso de energía y un efecto positivo en la formación tanto académica como comunitaria, estableciéndose como un modelo técnico y social para proyectos similares.

Palabras claves: agrícola, instalación, iluminación, sistema eléctrico, tierra.

Abstract:

The purpose of this technical project was to design, implement, and validate a lighting and grounding system at the "13 de Abril" School Growing Center, seeking to provide ideal visibility, electrical safety, and energy efficiency. 200W LED luminaires were installed in the classroom and 300W LED luminaires in the growing area, strategically arranged to achieve uniform lighting. A TN-CS grounding system was also implemented using 1.80m copper rods and 8 AWG conductors, ensuring the protection of both users and equipment.

During the project, lighting tests, resistance measurements, and electrical validations were carried out, checking continuity, polarity, voltage drop, and switch trip times. The results indicated an average value of 158 lux, while grounding resistance was reduced from 47.8 Ω to 6.88 Ω , complying with NFPA 70 and NTE INEN 3098 standards. The maximum voltage drop was 2.4%, ensuring safe and reliable system operation. The project showed a power consumption of 1000 W, with a monthly operating cost of \$15, which supports the economic viability and sustainability of the system. In addition, technical and soft skills were developed among participating students, fostering hands-on learning in a real-world setting that can be replicated by other institutions in rural areas. Thus, the intervention transformed an educational and productive environment, ensuring adequate lighting, electrical protection, efficient energy use and a positive effect on both academic and community training, establishing itself as a technical and social model for similar projects.

Keywords: agricultural, installation, lighting, electrical system, land.

Índice de Contenido

INTRODUCCIÓN	1
Contexto del problema	1
Planteamiento del problema.....	1
Alcance y resultados esperados	2
Alcance del proyecto.....	2
Resultados esperados	2
Objetivos	2
Objetivo General.....	2
Objetivos específicos	3
Justificación	3
CAPITULO I	5
MARCO TEÓRICO.....	5
1.1. Antecedentes	5
1.2. Electricidad	8
1.2.1. Aplicaciones en la vida moderna	8
1.2.2. Origen de la electricidad	9
1.2.3. Tipos de electricidad según su conducción.....	11
1.3. Conductividad eléctrica y medición.....	11
1.3.1. Unidades de medición.....	12
1.4. Sistema de puesta a tierra.....	13

1.4.1.	Funcionamiento y materiales	14
1.4.2.	Importancia para instalaciones eléctricas.....	14
1.4.3.	Protocolo de implementación y mantenimiento	15
1.5.	Conductor.....	16
1.5.1.	Cable concéntrico.....	17
1.5.2.	Cable de cobre #2 AWG desnudo.....	18
1.6.	Iluminación	18
1.6.1.	Reflector.....	19
1.7.	Equipos de control y protección	21
1.7.1.	Contactor.....	21
1.7.2.	Temporizador o Timer	22
1.7.3.	Breaker	24
1.8.	Sistema de puesta a tierra.....	25
1.8.1.	Varilla cooperweld.....	25
1.8.2.	Soldadura exotérmica.....	26
1.8.3.	Moldes para soldadura exotérmica	27
1.9.	Elementos auxiliares	28
1.9.1.	Cajetines Eléctricos.....	28
1.9.2.	Tubos galvanizados.....	29
1.9.3.	Cinta aislante eléctrica	29
1.10.	Normativa aplicable	30

1.10.1.	Normativa internacional.....	30
1.10.2.	Normativa técnica nacional.....	31
1.10.3.	Aplicación normativa al sistema de puesta a tierra.....	33
1.10.4.	Normas de identificación de conductores y protección	35
CAPÍTULO II		36
METODOLOGÍA Y DISEÑO DEL PROYECTO TECNICO		36
2.1.	Enfoque metodológico	36
2.2.	Tipo y nivel de investigación	37
2.3.	Modalidad de intervención	37
2.4.	Métodos y técnicas de recolección de información	38
2.5.	Procedimiento metodológico	39
2.6.	Herramientas y normas utilizadas	40
2.7.	Validación técnica.....	41
2.8.	Estado actual	42
2.9.	Diseño	47
2.9.1.	Parámetros de elección de luminarias	48
	Corriente estimada (monofásico).....	55
2.9.2.	Selección de conductores eléctricos.....	56
2.9.3.	Cálculo de caída de tensión.....	57
2.10.	Desarrollo del plano eléctrico y simbología técnica	58
2.10.1.	Opciones de iluminación evaluadas.....	58

2.11.	Memoria de cálculo del sistema eléctrico	59
2.11.1.	Cálculo de carga instalada	59
2.12.	Sistema de puesta a tierra.....	66
2.12.1.	Análisis para el arreglo de grupo de varillas.....	68
2.12.2.	Parámetros utilizados	70
CAPÍTULO III.....		77
DESARROLLO, IMPLEMENTACIÓN Y RESULTADOS DEL PROYECTO TÉCNICO		77
3.1.	Instalación del sistema de iluminación	77
3.2.	Resultados de la instalación	79
3.3.	Pruebas, validación y funcionamiento	82
3.4.	Evaluación técnica integral	83
3.4.1.	Cálculo del consumo energético	83
3.4.2.	Estimación del costo operativo	84
3.4.3.	Análisis de sostenibilidad	84
3.5.	Impacto educativo y comunitario.....	85
3.5.1.	Impacto en la escuela y la comunidad	85
3.5.2.	Impacto en la formación técnica de los estudiantes.....	85
3.5.3.	Proyección institucional y replicabilidad.....	86
3.6.	Recomendaciones técnicas.....	87
3.7.	Pruebas de Luxes	88
4.1.	CONCLUSIONES	92

4.2. RECOMENDACIONES.....	94
BIBLIOGRAFÍA	95
ANEXOS	102

Índice de Figuras

Figura 1: Esquema de un átomo.....	10
Figura 2: Cable concéntrico	17
Figura 3: Cable de cobre desnudo.....	18
Figura 4: Reflector led	21
Figura 5: Contactor	22
Figura 6: Temporizador	23
Figura 7: Breaker	24
Figura 8: Varilla cooperweld	26
Figura 9: Suelta exotérmica	27
Figura 10: Molde para soldar.....	28
Figura 11: Cajetines	28
Figura 12: Tubería Galvanizada.....	29
Figura 13: Cinta aislante	30
Figura 14: Diagrama de procedimiento de toma de datos	44
Figura 15: Inspección técnica en el sitio y entrevista con la directora	46
Figura 16: Instalaciones en mal estado	46
Figura 17: Área de implementación del sistema de iluminación (15x15 m)	47
Figura 18:.....	49
Figura 19: Simulación en Dialux	60
Figura 20: Simulación del área de cultivo realizado en el software Dialux	61
Figura 21: Datos del flujo total de iluminación	61
Figura 22: Datos de iluminación obtenidos en el software Dialux	62
Figura 23: Diagrama UNIFILAR.....	63
Figura 24: Plano eléctrico	65

Figura 25: Diagrama esquemático del sistema puesta a Tierra TN-CS	69
Figura 26: Vista 3D de malla	73
Figura 27: Tensión de toque (V)	74
Figura 28: Tensión de paso (V)	74
Figura 29: Tensión de toque 2D (V)	75
Figura 30: Tensión de paso 2D (V)	76
Figura 31: Ubicación de reflectores en muros y techos	77
Figura 32: Trabajo de colocación de reflectores en altura	78
Figura 33: Materiales utilizados para la iluminación	78
Figura 34: Herramienta empleada: Telurómetro	79
Figura 35: Evaluación de la resistividad del terreno y cifras del sistema actual	80
Figura 36: Medición de mejora en el sistema de puesta a tierra	80
Figura 37: Proceso de instalación del sistema de puesta a tierra	81
Figura 38: Materiales empleados en la puesta a tierra	81
Figura 39: Sistema en funcionamiento	86
Figura 40: Prueba de luxes en campo	88
Figura 41: Valor medido	89
Figura 42: Valor a 4 metros de los reflectores	89
Figura 43: Valor capturado por el luxómetro bajo las iluminarias	90

Índice de Tablas

Tabla 1: Medición de luminosidad en diferentes áreas dentro del coliseo.	17
Tabla 2: Características de cable de cobre desnudo.....	18
Tabla 3: Capacidad de protección y sección del conductor	34
Tabla 4: Características de cable de cobre desnudo.....	41
Tabla 5: Instrumentos y materiales	43
Tabla 6: Características de reflectores de 300w y 200w de luminarias comerciales...	54
Tabla 7: Opciones de reflectores.....	59
Tabla 8: Simbología de la instalación eléctrica	66
Tabla 9: Tabla comparativa de la carga	67
Tabla 10: Comparativa de normativas para $R \leq 25 \Omega$	70
Tabla 11: Resumen del diseño del sistema de puesta a tierra	71
Tabla 12: Resultado de análisis simplificado.....	71
Tabla 13: Comparación de resistencia del sistema de puesta a tierra	82
Tabla 14: Resultados de validación eléctrica en campo	83
Tabla 15: Valores medidos con el luxómetro en el área de cultivo	91

Índice de Anexos

Anexo 1. Solicitud para realizar el proyecto.....	103
Anexo 2. Certificado de reconocimiento	104
Anexo 3. Recepción y aprobación del proyecto por la unidad educativa.....	105
Anexo 4. Evidencia fotográfica de la recepción en la escuela.....	106

INTRODUCCIÓN

Contexto del problema

A pesar del arduo trabajo y la entrega del personal educativo, la institución tiene importantes problemas en su sistema de electricidad, lo que complica tanto las actividades académicas como las labores productivas, impactando de manera directa la calidad del ambiente de aprendizaje.

Actualizar esta infraestructura eléctrica no solo proporcionará un entorno más seguro, cómodo y efectivo para los estudiantes de hoy, sino que también creará nuevas posibilidades para las próximas generaciones. Un sistema bien instalado es esencial para garantizar una educación de calidad, promover un aprendizaje en mejores condiciones y reforzar el sentido de pertenencia y atención hacia el espacio escolar.

Además, este proyecto ofrece a los alumnos del Instituto Tecnológico Universitario Rumiñahui la oportunidad de poner en práctica los saberes que han obtenido en su formación técnica. Al involucrarse de manera activa en el diseño y la ejecución del sistema eléctrico, no solamente solidifican sus habilidades profesionales, sino que también juegan un papel importante en el bienestar de su comunidad, contribuyendo mediante su labor a un cambio positivo que se mantendrá en el futuro.

Planteamiento del problema

La institución "13 de Abril" presenta importantes problemas con el sistema de luces en su área de cultivo, lo que complica actividades como el riego, especialmente durante la noche. Esta falta de luz no solo interfiere con el desarrollo normal de las actividades productivas, sino que también expone a la institución a posibles robos y al ingreso de personas no autorizadas, comprometiendo la seguridad tanto de los bienes como de la comunidad educativa.

A esto se suma la carencia de un sistema de puesta a tierra adecuado, lo cual representa un peligro constante para estudiantes, docentes y demás personas que frecuentan el lugar. Esta

situación incrementa el riesgo de accidentes eléctricos, daños a los equipos e incluso puede poner en peligro la vida de quienes se encuentran en el entorno escolar. Por estas razones, se vuelve indispensable intervenir de manera urgente para garantizar un espacio seguro, funcional y propicio para el aprendizaje y el trabajo comunitario.

Alcance y resultados esperados

Alcance del proyecto

Este proyecto contempla el análisis, rediseño y ejecución del sistema eléctrico de iluminación del centro de cultivo de la escuela “13 de Abril”, así como la implementación de un sistema de puesta a tierra que cumpla con las normativas eléctricas ecuatorianas vigentes. Se desarrollarán planos técnicos, se seleccionarán los materiales adecuados y se ejecutará la instalación eléctrica orientada a mejorar la seguridad y funcionalidad del área de cultivo.

Resultados esperados

Al finalizar el proyecto, se espera disponer de un sistema de iluminación eficiente y seguro que permita realizar labores agrícolas, incluso en horarios nocturnos, mejorando así las condiciones de trabajo. Asimismo, la correcta implementación del sistema de puesta a tierra garantizará la protección de personas y equipos eléctricos frente a posibles fallos. En conjunto, se busca cumplir el objetivo general del proyecto, consolidando los conocimientos teórico-prácticos adquiridos por los estudiantes y generando un impacto positivo en el entorno educativo.

Objetivos

Objetivo General

Rediseñar el sistema eléctrico de iluminación del centro de cultivo de la escuela “13 de abril”, incluyendo el sistema de puesta a tierra, en cumplimiento con las normativas ecuatorianas vigentes, con el fin de mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje en un entorno seguro, funcional y eficiente.

Objetivos específicos

- Investigar y recopilar información bibliográfica relacionada con sistemas eléctricos de iluminación y puesta a tierra, a fin de conocer soluciones aplicables al contexto educativo y agrícola.
- Evaluar el estado actual del sistema eléctrico en el centro de cultivo, identificando posibles deficiencias en la iluminación y seguridad eléctrica.
- Diseñar un sistema eléctrico renovado que contemple tanto la instalación de luminarias adecuadas para el cultivo como la implementación de un sistema de puesta a tierra, conforme a las necesidades específicas de la escuela.
- Implementar el nuevo diseño eléctrico de iluminación y puesta a tierra, asegurando su correcto funcionamiento mediante pruebas técnicas.

Justificación

Gracias al apoyo brindado por la institución, al dotarnos de un espacio físico para desarrollar los estudios e instalaciones pertinentes, fue posible poner en práctica los conocimientos adquiridos durante el ciclo académico. Este proyecto se llevará a cabo con esfuerzo y dedicación por parte de cada uno de los estudiantes, permitiendo así una planificación adecuada para mejorar la productividad del cultivo.

La falta de iluminación no solo dificulta que se realicen bien las actividades diarias del establecimiento educativo, sino que también pone en riesgo la seguridad de las personas encargadas en realizar actividades en el establecimiento educativo. Sin buena iluminación, es más fácil que ocurran robos o que entren personas ajenas a la institución, lo que puede poner en riesgo tanto los objetos de valor como a las personas que forman parte del establecimiento educativo. Por eso, mejorar la iluminación es necesario para tener un lugar más seguro y funcional.

Es importante destacar que este proyecto no requiere una inversión monetaria excesiva, lo cual facilita su implementación en campo, haciendo su ejecución factible y accesible.

Las condiciones actuales del centro de cultivo permiten realizar un rediseño eléctrico del sistema de iluminación y la implementación del sistema de puesta a tierra, cumpliendo con las normas eléctricas vigentes en el Ecuador. De esta manera, se busca consolidar la enseñanza teórica y práctica impartida por los docentes del Instituto Tecnológico Universitario Rumiñahui, incrementar el nivel académico de los estudiantes y fortalecer sus conocimientos con miras a un futuro desempeño profesional.

CAPITULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes

De acuerdo a (Parra, 2021), en su trabajo titulado Modernización del sistema eléctrico de las aulas 7, 8 y 9 de la ESFOT, sugirió la introducción de un nuevo sistema eléctrico que se ajuste a las exigencias tecnológicas contemporáneas de profesores y alumnos. La finalidad principal consistió en garantizar un desempeño seguro y eficiente del sistema eléctrico en las aulas modificadas. La estrategia empleada abarcó la recopilación de información técnica, el rediseño de las instalaciones eléctricas, la elaboración de planos eléctricos, la ejecución de pruebas operativas y la provisión de un manual para el mantenimiento. Los datos indicaron un avance significativo en la gestión de energía, una mejor eficiencia en el uso y una adecuada seguridad eléctrica para los entornos educativos. Las conclusiones resaltan la relevancia de aplicar criterios de diseño particulares en las infraestructuras escolares, asegurando situaciones óptimas de calidad y protección. Asimismo, el proyecto proporcionó sugerencias fundamentales para el cuidado preventivo y la durabilidad del nuevo sistema que se implementó.

Según (Zumba & Asipuela, 2021), en su trabajo denominado “Implementación del sistema de puesta a tierra para el laboratorio de tecnología industrial de la ESFOT.”, se realizó el diseño y la instalación de un sistema de puesta a tierra para salvaguardar los dispositivos eléctricos y electrónicos del laboratorio, así como para garantizar la seguridad de los usuarios de estas instalaciones. El objetivo principal fue solucionar las deficiencias del sistema eléctrico anterior, sobre todo en las áreas de iluminación, potencia y tomacorrientes, que carecían de una adecuada conexión a tierra. La metodología se estructuró en diversas etapas, que incluyeron el análisis técnico del laboratorio, la revisión de normas pertinentes, el diseño del sistema, la medición de parámetros eléctricos, la elección del tipo apropiado de conexión a tierra, la

ejecución de pruebas operativas y el desarrollo de un plan de mantenimiento. Como resultado destaca la efectividad del sistema innovador, observable en las cifras de resistencia que estaban dentro de los parámetros permitidos. Las conclusiones subrayan la importancia de aplicar medidas de seguridad eléctrica en los espacios educativos, no solo para evitar daños en los dispositivos, sino también para reducir los riesgos de incidentes. Se recomienda la creación de un plan de chequeos periódicos para asegurar su adecuado funcionamiento.

A decir de Mullo et al (2023) en su trabajo de grado con tema: Mejora de las instalaciones de baja tensión a través del rediseño eléctrico para optimizar su eficiencia, se señala que es crucial seguir las regulaciones vigentes en las instalaciones eléctricas de las escuelas para asegurar que el trabajo efectuado sea confiable y de buena calidad. Las modificaciones incluyeron el rediseño del sistema de iluminación y los puntos de suministro eléctrico, así como la elaboración de planos y esquemas unifilares para cada cuadro eléctrico y sus sistemas de seguridad. También se realizó un cambio en la canalización de la red eléctrica para la iluminación y los enchufes, asegurando que la instalación fuera adecuada. Además, se logró una mejor distribución de la energía mediante la instalación de nuevas cajas de control. El cálculo correspondiente a la iluminación se llevó a cabo en una hoja de cálculo y la simulación se realizó utilizando el software DIALux, cumpliendo así con las regulaciones vigentes.

Beltrán y Luna (2023) , en su estudio titulado Diseño de un sistema de puesta a tierra para su uso en una industria conforme a la normativa IEEE 80 – 2000, analizan la creación y puesta en marcha de un sistema de puesta a tierra siguiendo la normativa IEEE 80-2000, con el propósito de asegurar la protección de los trabajadores y el adecuado funcionamiento de los equipos eléctricos en entornos industriales. La investigación se llevó a cabo en Indami SIA Ltda. , que opera en el sector minero e industrial, donde la existencia de maquinaria de gran potencia y alta demanda energética puede generar riesgos importantes si no se maneja de

manera correcta la corriente de falla. La metodología utilizada abarcó la recolección de información del entorno eléctrico, así como cálculos para el diseño de una red de puesta a tierra y simulaciones utilizando el software ETAP v21. 0. 2, con el objetivo de validar su efectividad y adherencia a la legislación. Sus resultados indicaron que el sistema elaborado cumple con los estándares de seguridad necesarios, ofreciendo niveles adecuados de tensión de contacto y de paso, junto con una resistencia apropiada de la red. Como conclusión demostraron que la adopción de normativas internacionales y la utilización de herramientas de simulación ayudan a establecer entornos eléctricos seguros, disminuyendo los peligros de accidentes y fallos operativos en sectores industriales que requieren una elevada demanda de energía.

Sánchez (2021) en su trabajo de fin de grado denominado: Instalación eléctrica y de iluminación en un ayuntamiento con más de 15. 000 habitantes, cuyo objetivo principal fue desarrollar un sistema eléctrico y de iluminación que sea eficiente para el edificio del Ayuntamiento de Cáceres, cumpliendo con la legislación actual. La metodología empleada incluyó cálculos eléctricos, evaluación de la iluminación en cada habitación y la selección de accesorios de protección, utilizando equipos para protección como DMELECT y DIALux. Se analizaron las condiciones técnicas, financieras y de seguridad del proyecto, además de tener en cuenta factores como la pérdida de voltaje, cortocircuitos, planificación de cargas y eficiencia energética. Los datos alcanzados hicieron posible establecer una red eléctrica adecuada, con sistemas de protección bien calculados y una iluminación de distribución efectiva. En conclusión, la investigación amplió el entendimiento de los autores sobre el diseño de instalaciones, lo que ayudó a combinar criterios técnicos y normativos en construcciones de uso público.

La carencia de cuidado en las instalaciones eléctricas que sufren muchas escuelas en áreas rurales de nuestro país. Estos centros educativos, que deberían ser lugares seguros y efectivos para el aprendizaje, frecuentemente se ven perjudicados por recursos económicos

limitados, poca supervisión técnica y un cuidado insuficiente por parte de los organismos responsables. Como consecuencia, las condiciones en las que aprenden los niños y niñas no siempre son las más apropiadas, lo que afecta negativamente su progreso educativo y su seguridad cotidiana.

1.2. Electricidad

La electricidad es un fenómeno de la naturaleza que se relaciona de manera cercana con el magnetismo y forma la base del electromagnetismo, que es una teoría integral que describe cómo se comportan las partículas con carga y su relación con los campos electromagnéticos.

Todo, desde la iluminación y los aparatos eléctricos hasta las computadoras y los teléfonos móviles, depende de la electricidad para el desarrollo de la vida diaria en la actualidad. Está profundamente presente en nuestros hogares; ilumina el cielo que nos rodea y satisface nuestras necesidades. En términos económicos y sociales, juega un papel fundamental en el crecimiento económico al facilitar la conveniencia para las personas y elevar la calidad de vida de la población en general (Lumley, 2024).

1.2.1. Aplicaciones en la vida moderna

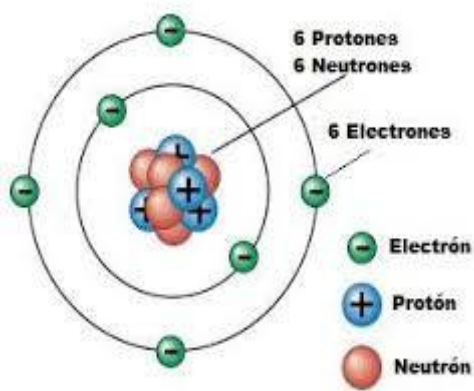
- Generación y distribución de energía eléctrica. - Hidráulicas, térmicas, solares o eólicas generan potencia, luego redes de transporte la llevan a hogares, fábricas y comercios.
- Electrónica de potencia. - Inversores, rectificadores y controladores transforman y regulan energía en sistemas industriales, energías renovables y transporte.
- Automatización industrial. -Controladores lógicos programables, sensores y actuadores mejoran la eficiencia de procesos productivos.
- Telecomunicaciones. -La energía mantiene antenas, satélites, redes de fibra óptica y sistemas de transmisión de datos.

- Movilidad eléctrica. -Vehículos eléctricos, estaciones de carga y baterías de alto rendimiento crean un transporte sostenible.
- Medicina y equipos biomédicos. -Resonancias, rayos X, desfibriladores, incubadoras y equipos de diagnóstico necesitan un suministro eléctrico confiable y estable.
- Domótica y edificios inteligentes. -Iluminación, climatización y seguridad se controlan automáticamente para optimizar el uso de la energía.
- Energías renovables y almacenamiento. -Plantas solares, eólicas y baterías de litio permiten el autoconsumo y reducen la dependencia de combustibles fósiles.
- **Comunicación.** - La electricidad ha tenido un impacto considerable en la manera en que nos comunicamos, desde el telégrafo y el teléfono hasta internet y dispositivos inteligentes. Gracias a esto, la comunicación instantánea con personas que se encuentran al otro lado del planeta se ha vuelto común.
- **Iluminación.** - Antes de que la electricidad se utilizara para iluminar espacios, la gente dependía de velas, lámparas de aceite y, según relatos sobre acumuladores, de la luz natural. La iluminación eléctrica ha permitido extender el tiempo dedicado al trabajo, al estudio y al ocio hasta altas horas de la noche.

1.2.2. Origen de la electricidad

Con el fin de entender qué es la electricidad y cómo opera, es importante comenzar a partir de los fundamentos de la estructura atómica, en particular en el movimiento de los electrones, lo que es crucial para la conducta eléctrica. Cuando un electrón se desplaza, ya sea debido a una fuerza externa como el voltaje o un cambio en un nivel atómico, se genera un flujo de carga eléctrica, lo que conocemos como 'corriente eléctrica' o electrones en movimiento. (Lumley, 2024)

Figura 1:
Esquema de un átomo



Fuente: (Blogceta, 2023)

Como se observa en la Figura 1 cada elemento, ya sea sólido, líquido o gaseoso, está formado por átomos, que son los componentes fundamentales del universo. Dentro de los átomos, hay partículas aún más diminutas: protones, neutrones y electrones. En el núcleo de un átomo se hallan los protones y neutrones. Los protones poseen una carga eléctrica positiva, mientras que los neutrones carecen de carga. Ambos juntos constituyen el núcleo denso que concentra la masa y la estabilidad del átomo. En contraposición a este núcleo compactado, los electrones giran alrededor en capas o niveles de energía distintos. Los electrones tienen una carga negativa, y su movimiento en torno al núcleo genera una nube de carga negativa dinámica que equilibra la carga positiva de los protones en el núcleo.

Cuando los electrones en movimiento están dirigidos en una sola orientación, eso se denomina corriente continua. En este caso, la electricidad fluye de manera constante en la misma dirección. Si, en cambio, el flujo de electrones cambia de dirección de forma regular, se le llama corriente alterna. En términos simples, los dispositivos que se conectan directamente a la red eléctrica suelen utilizar corriente alterna, y el audio, así como la radio, que se transmiten por sus cables de alimentación también son ejemplos de corriente alterna.

1.2.3. Tipos de electricidad según su conducción

- **Electricidad estática:** Electricidad que se genera por la acumulación de cargas eléctricas en la superficie de un material como consecuencia del contacto o la fricción con otro elemento. Al acumularse y tener lugar la descarga de esta carga, puede originarse una chispa (o destello eléctrico) que se desplaza desde el electrodo hacia el objeto que tiene menor carga.
- **Electricidad dinámica:** La electricidad dinámica se refiere al movimiento constante de electrones a través de un conductor. Este tipo de electricidad es el que utilizamos habitualmente en nuestras casas y dispositivos electrónicos.

La electricidad dinámica se clasifica en dos categorías:

- **Corriente continua (CC):** en este caso, los electrones se desplazan en una sola dirección, desde el terminal negativo hasta el positivo. Este tipo de corriente se encuentra frecuentemente en baterías y dispositivos electrónicos móviles. Por ejemplo, al encender una linterna, la corriente eléctrica sale de la batería, pasa por la bombilla y regresa a la batería, formando un circuito cerrado.
- **Corriente alterna (CA):** en este tipo, los electrones no se mueven en una única dirección, sino que invierten su flujo de manera periódica. La corriente alterna resulta más efectiva para transportar electricidad a grandes distancias, lo que la convierte en la forma más común de electricidad en hogares e industrias

1.3. Conductividad eléctrica y medición

La conductividad eléctrica se refiere a la capacidad de un material para permitir el flujo de corriente eléctrica a través de él. La medición eléctrica implica la evaluación cuantitativa de magnitudes tales como voltaje, corriente, resistencia, capacitancia y configuraciones de onda, utilizando unidades normalizadas y equipos específicos que permiten optimizar la operación de los circuitos. Esta práctica se fundamenta en la Ley de Ohm, que establece que la corriente

que atraviesa un conductor es directamente proporcional al voltaje aplicado y, simultáneamente, inversamente proporcional a la resistencia opuesta (EBSCO, 2024).

1.3.1. Unidades de medición

En el Sistema Internacional de Unidades (SI), las cantidades eléctricas fundamentales se expresan utilizando unidades estandarizadas que simplifican tanto la medición como el análisis de la maniobra de los circuitos eléctricos. Las unidades más importantes utilizadas en el ámbito de la electricidad son:

Voltio (V) unidad de tensión eléctrica

El voltio mide el cambio de potencial eléctrico existente entre dos puntos en un conductor. Se define como la fuerza necesaria con la que la corriente de 1 amperio utilice 1 vatio de energía en un circuito. En el Sistema Internacional, se representa a las unidades fundamentales como:

$$1V = \frac{1W}{1A} = kg * m^2 * s^{-3} * A^{-1} \quad (1)$$

Amperio (A) medida de corriente eléctrica

El amperio, frecuentemente conocido como amp, mide cuánta corriente eléctrica hay, lo que significa la cantidad de cargas eléctricas que atraviesan un punto en un circuito por cada segundo. Se define oficialmente como:

$$1A = \frac{1C}{1s} \quad (2)$$

Aquí, C se refiere al coulomb. En la práctica, esto equivale al paso de 6.24×10^{18} electrones en un segundo.

Ohmio (Ω) – Unidad de Resistencia Eléctrica

El ohmio indica la oposición que presenta un material al flujo de corriente eléctrica. Se describe como la resistencia medida entre dos ubicaciones de un conductor cuando una variación de potencial de 1 voltio genera una corriente de 1 amperio:

$$1\Omega = \frac{1V}{1A} \quad (3)$$

Vatio (W) – Unidad de Potencia Eléctrica

El vatio representa la medida de la potencia eléctrica, lo que significa la cantidad de energía utilizada o producida en un periodo específico. Se determina de la siguiente manera:

$$1W = 1V * 1A \quad (4)$$

Desde el punto de vista energético, un dispositivo que utiliza 1 vatio consume 1 joule cada segundo (The International System of Units (SI), 2014).

1.4. Sistema de puesta a tierra

Puesta a tierra, a menudo llamada conexión a tierra, constituye una medida de seguridad que enlaza la parte metálica que conduce electricidad con el suelo. Este término también se utiliza como conexión a tierra y tiene sus orígenes en el siglo XIX, época en la que las personas empezaron a utilizar más aparatos eléctricos y deseaban proteger tanto su seguridad como la de las máquinas. La puesta a tierra incluye dos elementos fundamentales: la tierra y el sistema

Según la Norma Internacional IEEE Std 80-2000 y la Norma IEC 60364, para sistemas de distribución y protección general se establece que la resistencia de puesta a tierra no debe superar los 25 Ω .

En el ámbito latinoamericano, por ejemplo, el Código Eléctrico Nacional del Ecuador (CONELEC – Regulación No. CONELEC-004/01) y su actualización en el Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo para el sector eléctrico (ARCONEL, 2018), también recomiendan mantener la resistencia de tierra menor a 25 Ω , señalando que mientras más bajo sea este valor, mayor será la efectividad del sistema de protección.

En la práctica, se considera óptimo que la resistencia esté entre 1 y 10 Ω , aunque el valor máximo admisible normativamente es de 25 Ω (Lucanas, 2025).

1.4.1. Funcionamiento y materiales

La tierra actúa como un excelente conductor de electricidad, además de poder absorber descargas y disiparlas. Este mecanismo se encarga de mantener el voltaje hacia la tierra o el suelo dentro de niveles controlados. Así, se convierte en el medio para liberar de forma directa y rápida la electricidad al suelo. Esto se lleva a cabo mediante un cable con baja resistencia que se conecta a un electrodo situado en el suelo (Endesa, 2020).

En lugares donde la conductividad del terreno es limitada, como en suelos de arena, es recomendable colocar un material conductor (como el gel Thor) alrededor del electrodo para garantizar un contacto más efectivo y duradero. También permite que se genere un flujo de corriente suficiente para detectar una conexión accidental entre los conductores del sistema y la tierra (una falla de aterrizaje). Un mal aterrizaje y la elección inadecuada de dispositivos de protección contra rayos y sobretensiones pueden causar problemas intermitentes que son complicados de identificar en una instalación. Esto podría resultar en pérdida de productividad y daños a las herramientas (Gasulla, 2021).

1.4.2. Importancia para instalaciones eléctricas

El valor de la conexión a tierra está profundamente relacionado con la protección frente a sobretensiones. Tenga en cuenta que, en ciertas situaciones, un camino con mayor impedancia o resistencia puede hacer que los equipos electrónicos sean más susceptibles a eventos de sobretensión. En realidad, cuando hay una desconexión total o falta de conexión a tierra, no se puede proporcionar protección contra sobretensiones.

Este tipo de fallos pueden presentarse, por ejemplo, cuando un cable de alimentación roto queda expuesto. También suceden cuando los cables eléctricos entran en contacto con el exterior del aparato. Sin el cable de tierra, el circuito puede interrumpirse rápidamente si alguien lo toca, lo que impide que la corriente pase a través del cuerpo de esa persona y cause una descarga eléctrica (Martinez, 2025).

La normativa para la instalación y los componentes permite que el sistema reaccione de forma rápida y conserve aún más energía. Además, resulta fundamental realizar pruebas de medición de la puesta a tierra (o pozo de tierra) durante su funcionamiento. Solo con este tipo de análisis podemos comprobar la resistencia y asegurar su correcto funcionamiento. Por otro lado, es vital conocer los distintos tipos de puestas a tierra, ya que la selección de una puede depender de factores como la topografía del terreno y la resistividad básica calculada. Algunas buenas razones para mantener una relación adecuada son:

- Asegura la protección de las personas al evitar accidentes mortales provocados por descargas eléctricas.
- Salvaguarda máquinas, electrodomésticos y dispositivos electrónicos de daños causados por corrientes excesivas, pérdida de eficiencia y rendimiento, mal funcionamiento destructivo y fallos.
- Gracias a esta configuración, no habrá daños ni redirección de la corriente a través de un camino alternativo. Por lo tanto, la prioridad en lo eléctrico es "Puesta a tierra".
- Contribuye a atenuar ciertos armónicos generados por la contaminación eléctrica y las cargas internas (Alvarez & Muñoz, 2024).

1.4.3. Protocolo de implementación y mantenimiento

Un protocolo es un conjunto de normas y procedimientos establecidos para garantizar que la planificación y construcción de un sistema de puesta a tierra se realice de forma segura y eficaz. Este protocolo generalmente abarca descripciones detalladas sobre cómo organizar, montar, comprobar y mantener varios puntos conforme a normas o regulaciones específicas. Algunos de los elementos que pueden incluirse en este protocolo son los siguientes:

- Diseño del sistema: Los requisitos necesarios para un diseño correcto del sistema en situaciones como instalaciones particulares: qué tipo de estructura se utiliza, qué equipos eléctricos están en juego, así como las condiciones del terreno.

- **Materiales y componentes:** Guías sobre los materiales y componentes requeridos para la creación del sistema. Esto puede incluir elementos como cables, electrodos de tierra, conectores y dispositivos de protección para equipos eléctricos, entre otros.
- **Instalación:** Una explicación pormenorizada de cómo colocar las distintas partes del sistema de manera segura y eficiente, asegurando una buena conexión a tierra y con otros equipos eléctricos.
- **Pruebas y verificación:** Actividades para realizar la comprobación regular del sistema. Existen diferentes tipos de pruebas, que sirven para confirmar que todos los sistemas operan correctamente o para activar alarmas en sistemas de seguridad si no lo hacen. Estos tipos de pruebas son especialmente relevantes.
- **Mantenimiento:** Acciones que deben realizarse regularmente en el sistema, apoyadas por una lista de inspecciones visuales, limpieza de electrodos y reparaciones necesarias.

Los procedimientos de conexión a tierra son esenciales para realizar operaciones eléctricas de manera segura, en especial en lugares industriales, comerciales y domésticos donde se manejan aparatos y sistemas eléctricos (Shiguango, 2024).

1.5. Conductor

Se trata de elementos que facilitan el tránsito de la corriente eléctrica por la existencia de electrones libres en su interior ejemplos: cobre, aluminio, plata. Se los conoce como cable, los mismo que vuelven a su punto de definición de uno o varios conductores rodeados por un material aislante que impide la fuga de corriente o la aparición de cortocircuitos ejemplos: el cableado de instalaciones eléctricas domiciliarias, los cables USB. El conductor se limita a la porción que lleva la corriente, de esta manera el cable integra el conductor, su aislamiento y la cobertura que lo protege externamente (Shiguango, 2024).

1.5.1. Cable concéntrico

Es un conductor de cobre electrolítico maleable, con conductores aislados en PVC a 90°C, más Nylon y una cubierta externa de PVC a 60°C. La capa de PVC cuenta con propiedades que retrasan el fuego y está libre de metales pesados. Su aislamiento de PVC/Nylon resiste sustancias como aceites, grasas, gasolina, entre otros, así como agentes corrosivos como pinturas y disolventes, además de ser ignífugo y no contener metales pesados, entre otras características listadas en la Tabla 1. (INCABLE, 2025)

Tabla 1:
Medición de luminosidad en diferentes áreas dentro del coliseo.

Detalle	Descripción
Aislamiento	PVC 90°C + Nylon, PVC 60°C
Segmento	Cables Flexibles Multiconductor
Norma	ASTM B3, B174, NTC 5521, UL 39

Fuente: (INCABLE, 2025)

Figura 2:
Cable concéntrico



Fuente: Elaborado por los autores

El cable flexible multiconductor de la Figura 2 se utiliza como cordón de servicio ligero para aplicaciones generales en electrodomésticos, instalaciones y conexiones de dispositivos móviles. Puede ser empleado tanto en ambientes secos como húmedos, con una temperatura de funcionamiento de 90°C y una tensión de hasta 600 V (INCABLE, 2025).

1.5.2. Cable de cobre #2 AWG desnudo

Figura 3:

Cable de cobre desnudo



Fuente: (Electro Persa, 2022)

Los cables de cobre, dependiendo de cómo fueron templados y fabricados, se utilizan como líneas de vida en líneas de distribución eléctrica aérea, puntos de desconexión y puesta a tierra de equipos y sistemas eléctricos. La línea principal original de alcance eléctrico aislado (Top Cable, 2024).

Tabla 2:

Características de cable de cobre desnudo

Característica	Detalles
Calibre	2 AWG
Construcción	Monopolar, un conductor desnudo de cobre calibre 2awg

Fuente: (Electro Persa, 2022)

1.6. Iluminación

La iluminación consiste en dotar a un entorno de luz suficiente para que sus elementos sean percibidos con claridad y puedan cumplir sus funciones. Se lleva a cabo a través de fuentes

lumínicas como lámparas incandescentes, fluorescentes, LED o luz solar directamente en las construcciones. Su objetivo primario de hacer visible lo que de otro modo permanecería en la sombra se enriquece, sin embargo, con aspectos de diseño que permiten modelar la percepción espacial, determinar la atmósfera y asegurar la comodidad y la seguridad de los usuarios.

El diseño de la iluminación se articula en función de parámetros como la intensidad, el ángulo y el espectro de la luz, que se conjugan para generar distintos grados y calidades perceptivas. Puede plantearse como iluminación general, que bañe un área en el mismo nivel de luz; como iluminación puntual, que destaca objetos o tareas concretas; como iluminación ambiental, que sugiere un clima determinado; o como iluminación decorativa, que realza la estética de elementos constructivos o de mobiliario. La elección entre estos enfoques depende tanto de la función efectiva que debe realizar el espacio como de los efectos visuales que se deseen acentuar o minimizar.

1.6.1. Reflector

Los reflectores que funcionan con LED tienen la capacidad de iluminar amplias zonas y son muy intensos. Se utilizan para diferentes fines y hay una gran variedad de focos disponibles. Por lo general, estos reflectores iluminan un amplio espacio gracias a su ángulo de luz extendido. Normalmente, se colocan en edificios o en postes; la iluminación dirigida ofrece luz específica a diversas áreas. Este tipo de luz es frecuente para alumbrar zonas dedicadas a la seguridad, el tránsito de automóviles y peatones, la limpieza de fachadas de edificios y otras actividades externas donde se requiere una iluminación general (Liang, 2024).

1.6.1.1. Ventajas de los reflectores LED

- **Larga vida.** -Los focos LED son robustos, perdurables, de larga duración y resistentes.

Los principales productores de tecnología LED afirman con confianza que la duración de las luces LED puede ser hasta diez veces mayor que la de las bombillas de filamento o de gas, alcanzando hasta 50,000 horas. Por esto, el cambio de bombillas se necesita

hacer después de un extenso tiempo, lo que disminuye los gastos de mantenimiento a largo plazo.

- **Emisión de calor controlada.** -Los reflectores, que poseen una poderosa fuente de energía, son las opciones de iluminación más efectivas. Como resultado, su ambiente se calienta y son especialmente susceptibles a sufrir daños. No obstante, a pesar de que proporcionan luz y ahorran electricidad, los reflectores LED generan muy poco calor. Por ejemplo, algunas bombillas eficientes emplean tecnologías de manejo térmico activo que pueden disminuir la producción de calor hasta un 50%.
- **Rentable.** -La rentabilidad de los reflectores LED supera la de las lámparas incandescentes o los focos halógenos. A largo plazo, también generan ahorros para los usuarios. Con facturas de energía reducidas, menores gastos de mantenimiento y una duración excepcional, todos estos beneficios son evidentes en las bombillas LED.
- **Energía eficiente.** -Los reflectores LED son ampliamente reconocidos por su ahorro de energía. Gracias a la tecnología de la iluminación LED y otras innovaciones que están surgiendo, todo el sector de la iluminación comercial está viviendo un cambio significativo. Los expertos consideran que es el sistema de iluminación más eficaz.
- **Amigable con el medio ambiente.** - Existen numerosos compuestos perjudiciales que no se encuentran en los reflectores LED. A diferencia de las alternativas de iluminación convencionales, estos tipos de iluminación no incluyen plomo, mercurio, carbono ni vidrio. Así, son beneficiosos tanto para el planeta como para las personas (Liang, 2024).

Figura 4:

Reflector led



Fuente: (Gavá, 2024)

1.7. Equipos de control y protección

Dispositivos de control: Constituyen los elementos que permiten la gestión, regulación o automatización del funcionamiento de un sistema. Dentro de esta categoría se incluyen los interruptores, relés, contactores y las unidades de control programadas, que posibilitan la maniobra de encendido, apagado o regulación de los dispositivos asociados.

Dispositivos de protección: Su diseño responde a la necesidad de prevenir daños tanto a los equipos como a las personas en situaciones de falla o sobrecarga. Entre los componentes representativos se encuentran los fusibles, los interruptores automáticos, los relés de sobrecarga y los sistemas de puesta a tierra, los cuales detectan condiciones peligrosas como cortocircuitos o sobrecalentamientos y actúan desconectando el sistema para mitigar el riesgo

1.7.1. Contactor

Un contactor es un dispositivo electromecánico creado para encender y apagar circuitos de gran potencia de forma repetitiva. Al suministrar una tensión adecuada a su bobina, se forma un campo magnético que mueve los núcleos móviles, permitiendo o bloqueando el paso de corriente en el circuito controlado.

Los contactores se consideran dispositivos de conmutación eléctrica, similares a los relés, pero con una capacidad de conducción mucho mayor. Esta mayor capacidad de corriente los hace especialmente útiles en aplicaciones de equipos móviles. Su funcionamiento se basa

en energizar una bobina con voltaje. Este proceso produce un campo magnético que, a través de fuerzas de atracción o repulsión, mueve los contactos, cerrando así el circuito. Al desconectar el voltaje de la bobina, se elimina el campo magnético, lo que hace que los contactos se abran automáticamente y detenga el flujo de corriente. Su diseño incorpora superficies de contacto más grandes y un mecanismo que genera una considerable fuerza, características que les permiten soportar y conducirse bajo corrientes de arranque elevadas, algo comúnmente observado en el área de equipos móviles (Moes, 2024).

Figura 5:

Contactor



Fuente: (Electrónica Unicorm, 2025)

1.7.2. Temporizador o Timer

Es un dispositivo que, tras un tiempo predeterminado, activa o desactiva un circuito eléctrico. Su funcionamiento emplea contadores binarios para registrar impulsos, similar a como lo haría un programa.

Los temporizadores eléctricos están integrados en la vida diaria del hogar, formando parte de numerosos dispositivos electrónicos domésticos. Por ejemplo, la televisión, el reloj despertador o incluso un microondas son ilustraciones de este tipo de tecnología.

En el alumbrado que se enciende de manera automática en una comunidad, todos los temporizadores eléctricos cerca de nuestros hogares son componentes de ese sistema también (Brownsville, 2021)

1.7.2.1. Ventajas de un temporizador eléctrico

- Facilitan la reducción del gasto en energía eléctrica de manera cuidadosa y planificada.
- Se elaboran bajo rigurosos estándares de calidad, lo que garantiza su confiabilidad y larga vida útil.
- Su costo es razonable en el mercado, lo que representa una opción asequible.
- Su operación automática reduce la necesidad de intervención manual en tareas industriales repetitivas.
- Pueden ser programados para funcionar en horarios y secuencias determinados, adaptándose a diversas necesidades.
- Su estructura intuitiva permite que la configuración y el uso diario sean sencillos para cualquier usuario.
- En el ámbito doméstico, mejora el uso de los electrodomésticos y ayuda a crear un ambiente más agradable.
- Su presencia en plataformas de comercio en línea asegura un acceso sencillo.

Figura 6:

Temporizador



Fuente: (Stereon, 2024)

1.7.3. Breaker

Un conmutador, que también se llama disyuntor o cortocircuito, es un mecanismo automático que apaga la energía de un circuito eléctrico para determinar si es seguro volver a conectar. Este dispositivo se utiliza en casi todas las áreas habitadas y en fábricas alrededor del mundo, ya que es fácil de acceder, resistente y, al prevenir accidentes, ayuda a ahorrar dinero y a proteger tanto a las personas como a los equipos eléctricos.

El aspecto más importante de estos llamados "conmutadores" es su capacidad de reutilización, ya que permiten desconectar la fuente de energía. Cuando los usuarios cambian este interruptor de la posición "Apagado" a "Encendido", la energía eléctrica se restablece. A diferencia de los fusibles que solo funcionan una vez, si se han solucionado las causas que provocaron su activación, un disyuntor eléctrico puede volver a ser utilizado.

Estos dispositivos se fabrican en una variedad de tamaños y tipos. Gracias a la amplia gama de sus diseños, son aptos para ser instalados y utilizados en hogares, comercios y fábricas (Carbone, 2022)

Figura 7:

Breaker



Fuente: (Carbone, 2022)

1.8. Sistema de puesta a tierra

El sistema de conexión a tierra está diseñado para proteger los dispositivos eléctricos, pero su prioridad es salvaguardar la vida de las personas que se encuentren en el inmueble, en centros comerciales y otros lugares, ya que la electricidad puede provocar daños parciales, totales o incluso ser fatal. La conexión a tierra incluye toda la unión metálica directa sin fusible o protección, de tamaño adecuado entre varios elementos o componentes de una instalación y un conjunto de electrodos, que se encuentran enterrados en el suelo, con el propósito de asegurar que no existan diferencias de potencial peligrosas entre las instalaciones, edificios y el área cercana al terreno, permitiendo así la derivación a tierra de corrientes de falla o descargas provocadas por fenómenos atmosféricos. La manera en que el sistema se conecta a tierra influye en los niveles de voltaje de línea, los cuales deben mantenerse en condiciones normales y también durante situaciones transitorias (Manani, 2018).

1.8.1. Varilla cooperweld

Son componentes de cobre electrolítico elaborados mediante un procedimiento específico conocido como electro formado o electrosoldadura. Estas varillas están cubiertas por una capa de cobre electrolítico que envuelve un núcleo de acero. Este núcleo de acero proporciona robustez, mientras que la capa de cobre mejora la capacidad de conducción.

Estos elementos son cruciales para el sistema de puesta a tierra. Aunque muchas personas ignoran su función, las varillas de tierra son en esencia simples piezas de metal, profundamente insertadas en el suelo, que desempeñan un papel vital al proteger el sistema eléctrico de sobrecargas y, por ende, de posibles daños. Generalmente, las varillas están hechas de cobre macizo, acero con recubrimiento de cobre, acero inoxidable o acero galvanizado. La elección de las varillas de puesta a tierra dependerá del tipo de terreno y su resistividad, así como del método de instalación y la estrategia de puesta a tierra. Es fundamental que estas varillas sean altamente conductivas y a la vez resistentes a la corrosión. (AXIS, 2023)

Las varillas de Copperweld se emplean en sistemas de conexión a tierra para asegurar que haya una conexión eléctrica segura, permitiendo que los dispositivos electrónicos estén correctamente aterrizados. La mezcla que se genera permite desviar de manera segura las corrientes de fallo y los picos de voltaje, resguardando tanto al equipo como a los usuarios de riesgos eléctricos. El núcleo de metal garantiza que la varilla sea resistente y de larga duración, mientras que el recubrimiento de cobre ofrece excelente conductividad (Electricistas.cl, 2025).

Figura 8:

Varilla cooperweld



Fuente: (AXIS, 2023)

1.8.2. Soldadura exotérmica

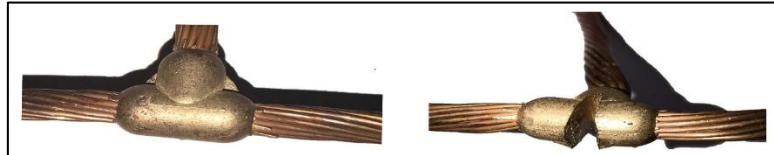
La soldadura exotérmica tiene un amplio uso en diversas áreas, como la creación de circuitos de tierra enterrados en subestaciones y plantas energéticas, la protección catódica, sistemas ferroviarios, protección contra rayos y proyectos de telecomunicaciones. Estas características se consideran superiores a las conexiones engarzadas o a las tradicionales uniones mecánicas atornilladas.

Al ser una unión molecular, la soldadura no se derrite al estar expuesta a corrientes de cortocircuito. Este procedimiento se basa en la intensa temperatura generada por la reacción entre un compuesto de aluminio y óxido de cobre. La reacción ocurre dentro de un molde de grafito, el cual ha sido fabricado de manera particular para los conductores que se unirán

mediante soldadura. En situaciones normales, este molde puede ser empleado en más de cincuenta ocasiones (DGS, 2019).

Figura 9:

Suelda exotérmica



Fuente: (DGS, 2019)

1.8.3. Moldes para soldadura exotérmica

El molde para soldadura exotérmica está fabricado con grafito de alta calidad y pureza, teniendo una alta densidad que lo hace resistente al desgaste y le proporciona un buen desempeño. Se utilizan específicamente para la soldadura de puesta a tierra de tipo exotérmico. Se recomienda utilizar este molde junto con un clip de molde y una pistola de punta. Existen dos tipos comunes de clips de molde: el tipo general y el tipo excéntrico. El molde, la ranura de deflexión en la cavidad de soldadura, la unión en la ranura de gelatina y otras partes son capaces de resistir la temperatura de fusión de metales como el cobre, el acero, el hierro y otros, logrando una apariencia suave y organizada de los geles. Los clips de molde convencionales se dividen en dos tipos: el común y el excéntrico. El tipo general es adecuado para la mayoría de los moldes, mientras que el tipo excéntrico se utiliza comúnmente en soldaduras de varillas de tierra y soldadura cruzada (KFWELD, 2023).

Figura 10:

Molde para soldar



Fuente: (Euroelectric 2024)

1.9. Elementos auxiliares

1.9.1. Cajetines Eléctricas

En todo sistema eléctrico, una caja de conexiones representa un elemento esencial y un lugar crucial donde se conectan diversos terminales y cables. Esto abarca residencias, lugares de trabajo y plantas industriales. La función de estas cajas es ofrecer un área para llevar a cabo conexiones eléctricas y asegurarlas de manera adecuada. Sin la instalación de cajas de conexiones, los empalmes de cables podrían quedar desprotegidos, lo que aumenta los riesgos de cortocircuitos, chispas o electrocuciones. Generalmente, se colocan cajas de conexiones durante la construcción o renovación de edificios para asegurar un sistema eléctrico que sea seguro y cumpla con las normativas (Ctube, 2011).

Figura 11:

Cajetines



Fuente: (Ctube, 2011)

1.9.2. Tubos galvanizados

Una variedad de aplicaciones, tales como la fontanería o los sistemas de tuberías en el ámbito industrial, demandan tanto flexibilidad como resistencia en las tuberías galvanizadas. Estas conducciones, hechas de acero y recubiertas de zinc, presentan numerosas ventajas que las hacen ideales para apartamentos urbanos, casas de campo o instalaciones industriales.

1.9.2.1. Características de las tuberías galvanizadas

La característica más notable de la tubería galvanizada es su revestimiento exterior. Se crea al introducir el acero en zinc fundido. Esta capa es muy durable y puede durar mucho tiempo, en ocasiones más de cien años (Torices, 2023).

Figura 12:

Tubería Galvanizada



Fuente: (Torices, 2023)

1.9.3. Cinta aislante eléctrica

Con sus múltiples usos en la industria, la cinta aislante (cinta de PVC) se ha vuelto esencial para los trabajadores en el ámbito de la construcción eléctrica. No obstante,

En este artículo, explicamos a nuestros lectores el origen del uso de esta cinta y sus aplicaciones más destacadas, dado que muchos nunca han conocido la historia detrás de su estructura o las especificaciones técnicas de estos productos.

La cinta aislante es un tipo de cinta pegajosa fabricada en PVC flexible con un acabado sin brillo y una capa adhesiva de goma que responde a la presión. El material inusual de su soporte de PVC le proporciona características únicas que permiten su utilización en casi todas

las circunstancias: al ser un material adaptable pero que a la vez aísla, previene efectos extremos como cambios de temperatura, corrosión o humedad; lo cual resulta relevante al lidiar con tensiones elevadas.

Existen múltiples usos para la cinta aislante o cinta de PVC, pero los más frecuentes son el aislamiento, la protección y la sujeción de cables, además de ser útil para agruparlos según colores. En ciertos sectores, como el de la automoción, también se emplea para mantener cables en su lugar (Miarco, 2025).

Figura 13:

Cinta aislante



Fuente: (Miarco, 2025)

1.10. Normativa aplicable

1.10.1. Normativa internacional

1.10.1.1. NFPA 70 – National Electrical Code (2011)

El código NFPA 70, conocido también como el Código Eléctrico Nacional (NEC), es una normativa estadounidense que ha sido adoptada en gran medida en América Latina como guía técnica para instalaciones eléctricas. Elaborado por la Asociación Nacional de Protección contra Incendios (NFPA), este código define los estándares mínimos para el diseño y la ejecución de instalaciones eléctricas seguras. Su propósito principal es evitar incendios eléctricos, descargas eléctricas y otros peligros, a través del cumplimiento de normativas relacionadas con la capacidad de los conductores, los métodos de puesta a tierra, la protección contra sobrecorrientes, las condiciones ambientales de instalación y la correcta selección de dispositivos de protección.

La edición del NEC de 2011 es bastante popular en Ecuador, tanto en escuelas como en usos industriales, debido a su diseño claro y su capacidad para adaptarse a diversas situaciones. Este reglamento estipula, entre otras cosas, que los sistemas de protección deben poder manejar al menos el 125 % de la corriente continua del circuito, y que las instalaciones deben garantizar un nivel elemental de protección IP 20 contra elementos externos. Además, el NEC ofrece normas para implementar esquemas TN en la red de tierras y define los colores predeterminados para identificar los cables.

1.10.1.2. IEC 60617 – Símbolos gráficos para esquemas eléctricos

La norma internacional IEC 60617 proporciona un conjunto de símbolos gráficos estandarizados que se pueden usar en diagramas eléctricos y esquemas unifilares. Su uso asegura la coherencia en la interpretación de los diseños eléctricos, lo que facilita la comunicación técnica entre diseñadores, instaladores y inspectores. Esta regulación es particularmente valiosa durante la creación de los planos eléctricos para los sistemas de iluminación y conexión a tierra, ya que permite representar claramente dispositivos como interruptores, contactores, enchufes, cajas de conexión, varillas de tierra, transformadores y otros.

La implementación de esta norma en el proyecto actual asegura que los profesionales externos puedan entender y revisar correctamente, además de adherirse a los estándares internacionales aprobados para documentos técnicos. La estandarización de los diagramas eléctricos también ayuda a documentar de manera precisa el sistema, lo que simplifica ampliaciones, mantenimientos o auditorías en el futuro.

1.10.2. Normativa técnica nacional

1.10.2.1. Código Eléctrico Ecuatoriano – CPE INEN 019

El Código Eléctrico de Ecuador, conocido como CPE INEN 019, establece las directrices nacionales que definen los criterios técnicos esenciales que deben seguir las

instalaciones eléctricas en el país. Es un requisito que debe cumplirse para nuevas edificaciones, renovaciones y proyectos institucionales que recibe apoyo económico de organismos públicos. Esta regulación ha sido elaborada considerando las mejores prácticas a nivel internacional, principalmente del NEC y de las normas de la IEC, ajustadas a la realidad ecuatoriana (CIEPI, 1973).

Entre sus estipulaciones se incluyen los principios para el cálculo del tamaño de los conductores, las técnicas de canalización que son aceptables, los requisitos para la conexión a tierra, los dispositivos de protección necesarios de acuerdo con el tipo de carga, así como las condiciones ambientales en las que se realiza la instalación. Asimismo, el CPE indica que todas las instalaciones deben ser sometidas a pruebas de funcionamiento y a la verificación de continuidad, resistencia de aislamiento y calidad de la conexión a tierra. Estas condiciones son especialmente importantes en un entorno rural como el de la parroquia Mulalillo, donde las probabilidades de fallas eléctricas pueden ser más altas debido a factores climáticos, geográficos o al estado de la red pública de distribución.

1.10.2.2. NTE INEN 2345 – Conductores eléctricos con aislamiento termoplástico

La norma NTE INEN 2345 define las especificaciones técnicas que deben cumplir los alambres y cables eléctricos que tienen un aislamiento de termoplástico, específicamente los tipos THHN y THWN. Esta regulación abarca tanto los materiales utilizados en su producción como las condiciones bajo las cuales se realizan las pruebas, sus características eléctricas, la resistencia al calor, la resistencia al fuego, la capacidad de conducción eléctrica y los criterios de identificación por colores. En el proyecto de la escuela “13 de Abril”, esta regulación ha sido esencial para elegir los conductores apropiados para instalar el sistema de iluminación y los circuitos especiales de enchufes (Guamán & Pesántez, 2014).

El respeto a esta norma asegura que los cables empleados cuenten con un aislamiento capaz de resistir temperaturas de hasta 90 °C en ambientes secos y 75 °C en entornos húmedos,

con un voltaje nominal de 600 V, siendo adecuado para usos en hogares e instituciones. Además, la norma requiere que los conductores que sean de un calibre mayor a 10 AWG y que se utilicen en tuberías sean del tipo cableado para simplificar su colocación y prevenir lesiones mientras se realiza la instalación.

1.10.2.3. NTE INEN 3098 – Voltajes normalizados

La norma NTE INEN 3098 establece los niveles estándar de voltaje en los sistemas eléctricos que se emplean en Ecuador. Esta estandarización ayuda a definir los límites de operación aceptables para los equipos eléctricos y promueve la armonía entre la red de distribución pública y los sistemas internos de los edificios. De acuerdo a esta norma, los valores estándar para sistemas monofásicos son 120 V y 240 V, mientras que para los sistemas trifásicos se indican 208/120 V, 220/127 V, 440/254 V, entre otros.

Durante la elaboración del sistema de iluminación para el centro agrícola, se ha optado por un sistema de 120 V con el fin de mejorar el uso de electricidad, reducir las pérdidas de voltaje y disminuir el tamaño de los cables, lo cual es muy beneficioso en situaciones donde hay distancias extensas desde el panel principal hasta las cargas. La implementación de esta regulación también ayuda en la elección correcta de los dispositivos de protección y en la adecuada disposición de los paneles de distribución.

1.10.3. Aplicación normativa al sistema de puesta a tierra

1.10.3.1. Configuración del sistema TN-CS

El sistema de puesta a tierra elegido en este proyecto es de tipo TN-CS, el cual cumple con las especificaciones del NEC y del CPE INEN 019. En este tipo de sistema, el neutro del transformador es conectado a tierra por la compañía distribuidora de electricidad, y en la instalación del usuario final, las funciones de neutro y protección se integran en un solo conductor (PEN) hasta el panel general, donde se dividen en barras separadas para neutro y tierra.

Esta configuración facilita una unión efectiva de todos los dispositivos metálicos del sistema eléctrico a una barra de tierra común, reduciendo el peligro de tensión de contacto riesgosa en caso de una falla. La aplicación de este sistema también requiere la colocación de electrodos de aterrizaje con varillas de cobre de un mínimo de 1. 80 m de longitud y 16 mm de grosor, además de utilizar conductores de cobre aislados, resguardados mecánicamente a través de tubos de PVC o metálicos (Toulkeridis, 2013).

1.10.3.2. Dimensionamiento de conductores de tierra

De acuerdo con la gráfica de dimensionamiento del NEC, la elección de los conductores de aterrizaje debe hacerse en función de la capacidad del dispositivo que protege el circuito de la Tabla 3. A continuación, se ofrece un resumen de referencia que se ha empleado para determinar las secciones de los conductores en este proyecto:

Tabla

3:

Capacidad de protección y sección del conductor

Capacidad del dispositivo de protección (A)	Sección mínima conductor de tierra (mm ² /AWG)
15 A	2,08 mm ² (14 AWG)
30 A	5,26 mm ² (10 AWG)
100 A	8,37 mm ² (8 AWG)
200 A	13,3 mm ² (6 AWG)

Fuente: (NEC, 2018).

Estas medidas garantizan un camino de baja resistencia para la corriente de fallos, lo que permite una desconexión rápida del sistema a través de interruptores termomagnéticos y minimiza la posibilidad de incendios o daños a los aparatos (NEC, 2018).

1.10.4. Normas de identificación de conductores y protección

La identificación de los hilos eléctricos mediante colores es una exigencia en todas las instalaciones eléctricas, de acuerdo con la norma INEN 2345 y las sugerencias del NEC. En sistemas de corriente alterna monofásicos, se indica que el conductor neutro debe ser de tono blanco, el cable de tierra debe ser verde o verde con una franja amarilla, y los conductores de fase pueden ser de colores como rojo, negro, azul o amarillo, asegurando que sean diferentes del neutro y la tierra. Esta categorización permite una verificación visual inmediata durante el proceso de instalación, el mantenimiento y las revisiones (INEN, 2023).

En cuanto a la protección contra corrientes sobrepasadas, la normativa RTE INEN 091, junto con la norma IEC 60898-1, establece las especificaciones técnicas que deben cumplir los interruptores termomagnéticos, incluyendo las características de disparo, la capacidad de corte y la resistencia a condiciones ambientales.

Estos aparatos necesitan ser colocados en lugares de carga que sean accesibles, con una ventilación adecuada y con las distancias de seguridad necesarias, lo cual fue tenido en cuenta al diseñar el tablero principal del área de cultivo (Schneider, 2023).

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA Y DISEÑO DEL PROYECTO TECNICO

2.1. Enfoque metodológico

El trabajo que se presenta se sitúa dentro de un enfoque cuantitativo de carácter aplicado, cuyo objetivo principal radica en ofrecer una solución técnica específica ante una necesidad real identificada en una casa rural ubicada en la parroquia Mulalillo, en el cantón Salcedo, en la provincia de Cotopaxi. Esta carencia tiene que ver con la ausencia de un sistema eléctrico en hogares que sea seguro, eficaz y que se ajuste a las normativas técnicas vigentes. Por lo tanto, la investigación no solo busca objetivos académicos, sino que también pretende tener un efecto práctico que pueda ser reproducido.

A diferencia de las investigaciones o enfoques pasados, este trabajo se enfoca en un inconveniente técnico particular, para el cual se creó una solución eléctrica completa. Se tomaron en cuenta aspectos físicos que pueden ser comprobados, normas de tamaño basadas en regulaciones locales e internacionales, así como las circunstancias reales de la construcción de la casa afectada. La estrategia utilizada se basa en un modelo no experimental, puesto que no se manipulan variables en un entorno de laboratorio, sino que se analiza la situación presente, se recolectan datos del contexto, se identifican los requerimientos energéticos y se implementa una solución adaptada.

Este método se fundamenta en la precisión técnica indispensable para desarrollar instalaciones eléctricas en residencias, enfatizando la protección del usuario y utilizando los recursos de forma efectiva. La propuesta entregada fue elaborada de acuerdo a normativas como el NFPA 70 (Código Nacional de Electricidad), el Código Eléctrico de Ecuador CPE INEN 019, así como a regulaciones como la NTE INEN 2345 para conductores, la NTE INEN 3098 para voltajes y la IEC 60617 para diagramas gráficos. La táctica empleada facilitó la comprobación de la propuesta presentada, garantizando una eficiencia en el consumo de

energía, la confiabilidad del sistema, la resistencia de los componentes y la adherencia a todas las regulaciones.

2.2. Tipo y nivel de investigación

La investigación realizada es de carácter práctico, puesto que se centra en resolver un problema particular de forma eficiente mediante la integración de saberes técnicos y leyes actuales. La orientación práctica se manifiesta en la conversión de un entorno peligroso en otro que disponga de instalaciones seguras, operativas y que respeten la normativa.

El enfoque de la investigación es tanto descriptivo como propositivo. En la etapa descriptiva, se evaluaron las condiciones presentes del edificio, abarcando la capacidad eléctrica instalada, el estado de la red actual, las características estructurales de la construcción y las condiciones del entorno eléctrico. En la etapa propositiva, se elaboraron soluciones técnicas específicas, incluyendo planos, memorias de cálculo, especificaciones de materiales y sugerencias para el mantenimiento.

Este nivel de investigación incluye una evaluación con respecto a las exigencias de la normativa técnica correspondiente, además de una validación práctica de aspectos esenciales como la continuidad, la polaridad, la resistencia a tierra y el cumplimiento de los límites de caída de tensión. También se tiene en cuenta la viabilidad de la solución, el impacto a mediano plazo y la facilidad para implementarla en otras zonas rurales.

2.3. Modalidad de intervención

La modalidad seleccionada se refiere al proyecto técnico con verificación en el terreno, lo que implica la creación teórica del plan eléctrico y su ejecución práctica, seguida de una evaluación. Esta opción cumple con las normas de diseño enfocadas en la acción inmediata,

donde cada parte se colocó en el lugar de intervención y fue sometida a pruebas en condiciones reales.

La acción se realizó en una vivienda rural familiar, situada en una zona básica con limitaciones en la infraestructura, donde no existía un suministro eléctrico oficial o presentaba importantes deficiencias. Esta decisión no fue al azar, sino que se fundamentó en un análisis anterior que evidenció el peligro de debilidades eléctricas, una conexión deficiente y el asunto de la eficacia energética. El método de campo permitió evaluar las condiciones específicas en el sitio, como los tipos de suelo para la Tierra, la colocación física ambiental, las condiciones climáticas locales y los parámetros eléctricos, como las redes y el voltaje de frecuencia. Estos elementos influyeron en decisiones de diseño directo que van desde el calibre del líder hasta el tipo de canal utilizado.

2.4. Métodos y técnicas de recolección de información

La información obtenida en este proyecto se recolectó mediante procedimientos técnicos rigurosos y conforme a normativas, empleando herramientas de medición directa, análisis normativo, observación sistemática y programas especializados. Se emplearon multímetros digitales, pinzas de corriente, medidores de continuidad y software de diseño eléctrico para esquemas.

Durante el proceso de recopilación de datos se implementaron técnicas como:

- **Análisis técnico de la edificación y el sistema eléctrico:** se realizó un recorrido detallado por la vivienda, identificando los lugares óptimos para la instalación, las entradas de servicio, los puntos para el sistema de tierra y la distribución más eficiente de la carga en cada área.
- **Mediciones eléctricas en el sitio:** se obtuvieron valores reales de voltaje, corriente, continuidad, resistencia de puesta a tierra y polaridad de los cables existentes. Esto hizo posible crear una referencia sobre la que se diseñó el nuevo sistema.

- Consulta normativa especializada: se revisaron regulaciones técnicas obligatorias como el CPE INEN 019 y otras complementarias como la NFPA 70, haciendo hincapié en la elección de protecciones, la capacidad de corriente, los colores del cableado, la distribución de los enchufes y los requisitos mínimos de seguridad eléctrica en hogares.
- Simulación técnica y cálculo: se emplearon herramientas digitales y hojas de cálculo para determinar la caída de tensión, la corriente de cortocircuito, el tamaño de los conductores, la capacidad de los interruptores y la idoneidad del sistema de puesta a tierra.
- Uso de simbología técnica: de acuerdo con la norma IEC 60617, se plasmó en los planos todos los componentes del sistema (lámparas, enchufes, interruptores, tableros), asegurando que fueran legibles y coherentes con las normativas internacionales.

2.5.Procedimiento metodológico

El método utilizado en esta investigación se estructuró en cinco etapas que son secuenciales y complementarias:

Etapla 1: Análisis de la situación. Se llevó a cabo una revisión técnica del edificio con el propósito de detectar carencias, necesidades energéticas y riesgos eléctricos. Se evaluó la carga total instalada y se revisaron las características físicas del hogar.

Etapla 2: Diseño técnico conforme a normativas. Con la información recolectada, se dimensionaron cada uno de los elementos del sistema: secciones de cables, capacidad de interruptores, ubicación de conductos, puntos de control y protecciones contra sobre corriente. Se aplicaron fórmulas normativas para la caída de tensión (máximo 3 % en circuitos críticos, según NFPA 70) y cálculo de corriente permisible en los cables (NTE INEN 2345).

Etapa 3: Creación de documentación técnica. Se diseñaron esquemas unifilares y planos eléctricos mediante software CAD. Los planos mostraron la disposición física de las cargas, la identificación de los componentes, las rutas de las canalizaciones y la simbología técnica. Se añadió una memoria de cálculos que respalda las elecciones de diseño.

Etapa 4: Instalación física. Se llevó a cabo la implementación del sistema eléctrico siguiendo el diseño presentado. Se emplearon conductores del tipo THHN, canaletas de PVC que cumplen con las normas, cajas de paso, interruptores termomagnéticos y tomacorrientes con conexión a tierra. El sistema de grounding se construyó con 4 varilla de cobre de 1.80 metros, un cable verde de sección 8 AWG, y un sistema TN-CS.

Etapa 5: Evaluación y validación. Se comprobó la continuidad en cada uno de los circuitos, la correcta polaridad, el nivel de voltaje en los terminales, la resistencia del sistema de puesta a tierra (medida menor a 25 ohmios), y el funcionamiento de las protecciones bajo carga simulada. Se contrastaron los valores obtenidos con los criterios establecidos en la NTE INEN 3098 y en la sección 250.53(A)(2) Código Eléctrico Nacional (NEC) (Andres, 2020).

2.6. Herramientas y normas utilizadas

Para llevar a cabo cada fase del proyecto se emplearon instrumentos de medición, diseño y verificación como:

- Un multímetro digital y una pinza amperimétrica: para evaluar parámetros eléctricos fundamentales.
- Programas de diseño asistido por computadora eléctrico y planillas de cálculo técnicas: para ilustración y dimensionamiento.
- Reglamentaciones técnicas y legales de referencia, entre las cuales sobresalen:

Tabla 4:
Características de cable de cobre desnudo

Norma estándar	Descripción técnica
NFPA 70 (NEC, 2011)	Código Eléctrico Nacional de EE. UU., base para la seguridad eléctrica en viviendas
CPE INEN 019	Código Eléctrico Ecuatoriano, obligatorio para todas las instalaciones eléctricas
IEC 60617	Estándar internacional de símbolos gráficos eléctricos
NTE INEN 2345	Requisitos técnicos para conductores aislados tipo THHN
NTE INEN 3098	Establece los niveles de voltajes normalizados en redes de distribución

Fuente: (Miarco, 2025)

Estas regulaciones guiaron no solo la creación y colocación, sino también el enfoque técnico utilizado para evaluar si se cumplían aspectos como la seguridad, la eficacia, la conformidad con la normativa y la durabilidad del sistema.

2.7. Validación técnica

La evaluación del proyecto se fundamentó en la confrontación de los resultados obtenidos con los estándares solicitados por la regulación oficial. La instalación se consideró técnicamente correcta después de cumplir con los siguientes requisitos:

- La impedancia del sistema de conexión a tierra no excedió los 25 ohmios, según lo establecido en la NFPA 70.
- La reducción de voltaje en los circuitos principales fue menor al 3 %, calculada de acuerdo con las fórmulas establecidas.

- Las protecciones se activaron correctamente durante las pruebas de sobrecarga simulada.
- La codificación de los colores en los conductores se realizó según la norma NTE INEN 2345.
- Los diseños fueron consistentes con la realización práctica, sin diferencias técnicas.

2.8. Estado actual

Como una fase inicial para la intervención, se efectuó una revisión técnica del estado actual del lugar en la escuela "13 de Abril", que se encuentra en la parroquia de Mulalillo. Durante el desarrollo de esta tarea, se realizó una evaluación del espacio destinado al cultivo, identificando los lugares donde se utiliza electricidad y las zonas con iluminación deficiente que requerían atención urgente en términos de luz y seguridad.

Asimismo, se realizó una entrevista con la directora del establecimiento para conocer las actividades agrícolas que se realizan en el lugar y los horarios en los que se utiliza el espacio. Esta información fue fundamental para establecer los criterios técnicos relacionados con la iluminación nocturna y para identificar los peligros eléctricos existentes.

El lugar donde se desarrolla el proyecto es el Centro Educativo 13 de Abril, que cuenta con una vía principal de 60 m y una vía secundaria de 80 m. Entre los aspectos y dimensiones clave del terreno, el aula 1 mide 8 m $\times$ 20 m, lo que genera un área de 160 m², y el aula 2, de 20 m $\times$ 8 m, también posee un área de 160 m². Además, el centro de cultivo tiene unas dimensiones de 15 m $\times$ 15 m, resultando en un área de 225 m². Las cargas detectadas en las instalaciones incluyen en el aula 2, donde se encuentran 2 reflectores de 200W, y en el centro de cultivo, con 2 reflectores de 300W. En cuanto a las conexiones eléctricas, existen acometidas principales de 2*6 A2 y el circuito inclinado de alimentación 3*14 CU que se dirige hacia el aula 2. Respecto a la puesta a tierra, antes de la mejora se registraba 15,19 Ω , y tras la mejora se obtuvo 6,88 Ω ; por último, la resistividad del terreno es de 0,46 $\Omega \cdot m$.

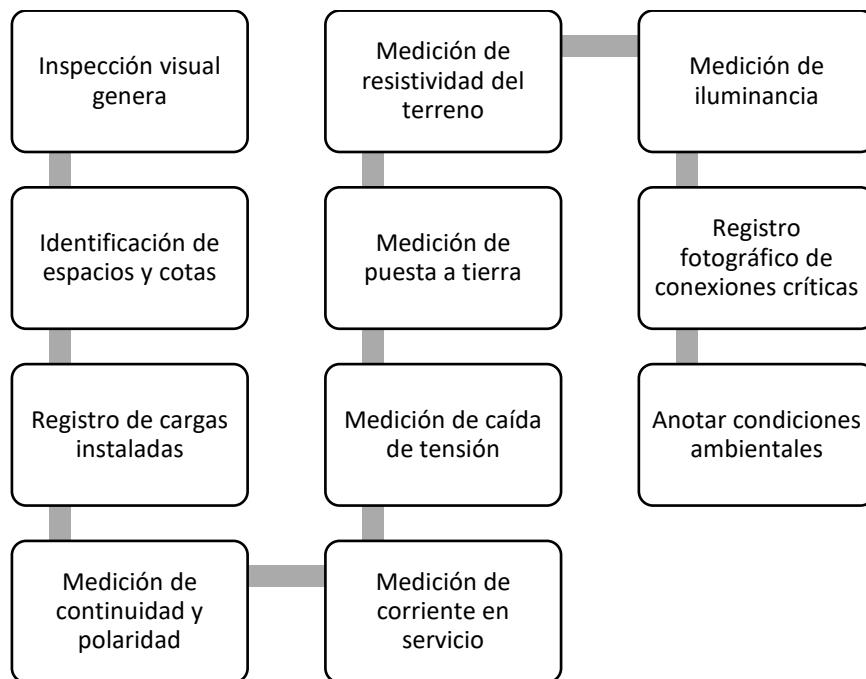
Tabla 5:
Instrumentos y materiales

Instrumento / material	Uso	Imágenes
Telurómetro	Tomar medidas de iluminación	
Multímetro	Medir continuidad, polaridad, tensión.	
Pinza amperimétrica	RMS, medidas de corriente	
Cámara fotográfica o de celular	Tomar capturas del trabajo realizado, y evidencia de un antes y después.	
Cinta métrica y de marcaje	Tomar las medidas del sitio y marcar los puntos de trabajo.	
Termo cámara	Esto fue opcional para evaluar los puntos calientes en conexiones.	
Herramientas varias (martillo, conectores, tornillos, hojas de campo)	Para empotramiento de varillas y registro de las hojas de medición.	

Fuente: (Miarco, 2025)

Figura 14:

Diagrama de procedimiento de toma de datos



Fuente: Realizado por los autores

Descripción:

- Registrar las canalizaciones que están expuestas, las extensiones improvisadas, las luminarias dañadas, las tuberías que no tienen protección y las áreas con humedad. Realizar fotografías de cada descubrimiento (cada figura debe llevar una etiqueta con la fecha, la hora y coordenadas si es posible).
- Medir y anotar las dimensiones de las aulas y del centro de cultivo (ver sección 1. 2). Delimitar los lugares donde se ubicarán los reflectores.
- Especificar la potencia nominal de cada reflector y su voltaje de funcionamiento (en campo: 200 W y 300 W a 120 V).
- Usar un multímetro para verificar la fase-neutro, fase-tierra y la continuidad del PE. Anotar los valores.

- Con una pinza amperimétrica, medir las corrientes en los alimentadores, mientras están en uso (registrar los valores más altos que se observen).
- Anotar el voltaje en el origen (tablero) y en el punto más alejado bajo carga para comparar la diferencia de voltaje (ΔV).
- Llevar a cabo una prueba de resistencia a tierra (utilizando el método "fall-of-potencial" o el método del telurómetro). Registrar la medición inicial y final. Tomar una captura de la pantalla del instrumento.
- Si se cuenta con un equipo Wenner, registrar la resistividad ρ con la separación "a" que se utilizó y detallar la configuración.
- Medir con un luxómetro en una cuadrícula de 3x3 puntos (o más) en el plano de trabajo (0,8–1,0 m), registrando los valores mínimo, máximo y promedio.
- Realizar la medición del tablero, los bornes, las varillas y los empalmes utilizando 1/0 soldada.
- Recopilar datos sobre la temperatura, humedad y el estado del suelo (seco/húmedo), ya que estos factores influyen en la resistividad.

Figura 15:

Inspección técnica en el sitio y entrevista con la directora



Fuente: Realizado por los autores

La visita facilitó la elaboración de un diagnóstico preciso sobre el uso vigente del espacio, sus fallos en la infraestructura eléctrica y el efecto inmediato que ocasionaría la optimización del sistema.

Figura 16:

Instalaciones en mal estado



Fuente: Realizado por los autores

Se verificó que la zona del centro de cultivo abarca aproximadamente 15 m por 15 m, careciendo de una fuente de iluminación artificial en funcionamiento, con tuberías al descubierto, sin resguardo y sin un sistema adecuado de puesta a tierra. Además, se notó la utilización de extensiones de manera improvisada, lo que constituye un gran peligro de sobrecarga.

Figura 17:

Área de implementación del sistema de iluminación (15x15 m)



Fuente: Los Autores

La configuración amplia del área requiere un plan que asegure una cobertura completa con luminarias adecuadamente distribuidas y resguardadas contra las inclemencias del clima.

2.9. Diseño

Según la norma NTE INEN 2969-1:2016, la intensidad de la luz varía según la actividad realizada. En el caso de labores agrícolas, se establece como estándar un mínimo de 150 lux, conforme a las directrices de la CIE 29 y 12464-1 de las prácticas a nivel mundial, lo que garantiza condiciones apropiadas de seguridad y funcionamiento (NTE INEN 2969-1:2016, 2016).

La elección de este método se basa en que:

- Da paso a alcanzar los niveles de iluminancia requeridos en la NTE INEN 2969-1:2016 para áreas agrícolas (≥ 150 lux).
- Tomar en cuenta las condiciones verdaderas del lugar, recogidas por medio de mediciones con un luxómetro, asegurando que el cálculo se fundamenta en datos objetivos.
- Facilitar encontrar el número ideal de luminarias basándose en el flujo luminoso nominal de cada dispositivo, así como los factores de uso y mantenimiento, junto con el área que necesita ser iluminada.
- Proporcionar una comprobación digital anticipada de la distribución de la luz y su uniformidad, minimizando el riesgo de crear zonas con sombras o deslumbramientos.

2.9.1. Parámetros de elección de luminarias

Se realiza la selección de iluminarias para posterior realizar la simulación en el software Dialux. Las luminarias fueron elegidas teniendo en cuenta tanto aspectos técnicos como las condiciones del entorno y el uso y tomando en cuenta los disponibles en el país comercialmente:

a) Requerimientos normativos: El nivel mínimo requerido es de 150 lux para zonas de trabajo agrícola de acuerdo a la norma NTE INEN 2969-1:2016, por otra parte, las simulaciones y cálculos que lo respaldan. En base a estos parámetros se diseñó el sistema bajo una preevaluación de la iluminancia en el área de trabajo tomando en cuenta el espacio de cultivo (225 m²). Para esto se utiliza la relación básica establecida por la Comisión Internacional de Iluminancia CIE y el factor de utilización basado en la figura 18:

Figura 18:

Factor de utilización

Room Index k	Reflectances (%) for ceiling, walls and working plane (CIE)										
	0.80	0.80	0.70	0.70	0.70	0.70	0.50	0.50	0.30	0.30	0.00
	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.30	0.30	0.10	0.30	0.10	0.00
	0.30	0.10	0.30	0.20	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.00
0.60	0.37	0.35	0.36	0.36	0.35	0.30	0.30	0.27	0.30	0.27	0.26
0.80	0.44	0.42	0.44	0.43	0.41	0.37	0.37	0.34	0.36	0.33	0.32
1.00	0.51	0.47	0.50	0.48	0.46	0.42	0.42	0.39	0.41	0.39	0.37
1.25	0.56	0.52	0.55	0.53	0.51	0.47	0.47	0.44	0.46	0.43	0.42
1.50	0.60	0.55	0.59	0.57	0.54	0.51	0.50	0.47	0.49	0.47	0.46
2.00	0.67	0.59	0.65	0.62	0.59	0.56	0.55	0.53	0.54	0.52	0.51
2.50	0.71	0.62	0.69	0.65	0.62	0.59	0.58	0.56	0.57	0.56	0.54
3.00	0.73	0.64	0.71	0.67	0.64	0.61	0.60	0.59	0.60	0.58	0.57
4.00	0.77	0.66	0.74	0.70	0.66	0.64	0.63	0.62	0.62	0.61	0.59
5.00	0.79	0.68	0.76	0.71	0.67	0.66	0.64	0.63	0.63	0.62	0.61

Fuente: (Chávez ,2022)

Cálculo de la luminancia directa.

$$k = \frac{L \times A}{h (L + A)} \quad (5)$$

$$k = \frac{15 \times 15}{4.5 (15 + 15)}$$

$$k = \frac{225}{135}$$

$$k = 1,67$$

Coeficiente de reflexión

Suelo: 0,1

Coeficiente de utilización (η)

El valor de coeficiente de utilización es obtenido de la tabla que se observa en la figura 18, por lo tanto, se tiene que el coeficiente de utilización:

$$\eta = 0,51$$

Factor de mantenimiento $f_m = 0,75$

$$E_m = \frac{\Phi \times \eta \times f_m}{S} \quad (6)$$

Donde:

E_m = Iluminancia media deseada en lux (lx)

Φ = Flujo luminoso emitido por las lámparas en lúmenes (lm)

Para obtener Φ , se multiplica el número de luminarias por los lúmenes emitidos por cada una.

η = Coeficiente de utilización, que depende de la reflectancia y distribución lumínica

f_m = Factor de mantenimiento, que considera la depreciación de la luminaria y suciedad

S = Área del aula o espacio en metros cuadrados (m^2).

Para este trabajo, el flujo de luz (Φ) fue obtenido a partir de las hojas de especificaciones de los fabricantes de las luces LED, multiplicando por la cantidad de leds instalados en cada área. El área (S) se refiere a la superficie efectiva calculada en metros cuadrado.

Centro de cultivo = $15m \times 15m$

$$\text{Centro de cultivo} = 225 \text{ m}^2$$

Cálculo de flujo luminoso (Φ)

A continuación, se obtiene el número de luminarias de acuerdo al área que se necesita iluminar, el flujo de luminosidad de cada reflector y los niveles estipulados por la norma.

$$\Phi = \frac{E_m \times S}{n \times fm} \quad (7)$$

$$\Phi = \frac{150 \times 225}{0.51 \times 0.75}$$

$$\Phi = 88815.78 \text{ lm}$$

Calculo del numero de iluminarias (N)

$$N = \frac{\Phi}{n \times \Phi_l} \quad (8)$$

Donde:

$$N = \frac{88815.78 \text{ lum}}{1 \times (24000 \text{ lum})}$$

$$N = \frac{88815.78 \text{ lum}}{24000 \text{ lum}}$$

$$N = 3,70$$

$$N = 4$$

Φ_l = Flujo luminoso por lámpara

Φ = Flujo luminoso emitido por las lámparas en lúmenes (lm)

n = Número de lámparas por luminaria;

$$total\ requeridos = 2\ de\ 30000\ lm + 2\ de\ 24000lm$$

Se requiere utilizar 2 iluminarias de 30000 lúmenes y 2 unidades que posean 24000lm, dando un total de 108000 lm excediendo el valor requerido para mantener un margen adicional.

Utilizando la ecuación numero 5 tenemos;

$$E_m = \frac{108000 * 0.51 * 0.75}{255}$$

$$E_m = \frac{41310}{255} = 183\ lx$$

El valor E_m evidencia la factibilidad técnica, debido a que la iluminación deseada si es mayor al valor que normativa exige ($170\ lx > 150lx$).

Calculo del numero de iluminarias a lo ancho

$$N_{Ancho} = \sqrt{\frac{N_{total}}{largo} \times Ancho} \quad (9)$$

$$N_{Ancho} = \sqrt{\frac{4}{15} \times 15}$$

$$N_{Ancho} = \sqrt{4}$$

$$N_{Ancho} = 2 \approx 2$$

Calculo del numero de iluminarias a lo largo

$$N_{Largo} = N_{Ancho} \times \frac{Largo}{Ancho} \quad (10)$$

$$N_{Largo} = 2 \times \frac{15}{15}$$

$$N_{Ancho} = 2$$

Distancia entre iluminarias

$$d = \frac{1}{4}(h - 0,85) \quad (11)$$

$$d = 0,25 \times (4.5 - 0,85)$$

$$d = 1,26m$$

Potencia Total

$$P = 2 \times 300W + 2 \times 200W$$

$$P = 1 KW$$

Tabla 6:*Características de reflectores de 300w y 200w de luminarias comerciales*

Característica	EVA (ERE-300W) – 300 W	Sylvania Jeta Start – 200 W
Potencia nominal	300 W	200 W
Flujo luminoso	≈ 30 000 lm -36 000 lm	≈ 20 000 lm - 24 000 lm
Eficacia luminosa	~90 lm/W	~100 lm/W
Temperatura de color	3 000 K o 6 400 K	6 500 K
Ángulo de apertura	120°	110°
Voltaje de entrada	100–240 V AC, 50/60 Hz	100–240 V AC, 50/60 Hz
Factor de potencia	≥ 0.90	≥ 0.90
IRC (Ra)	≥ 80	≥ 70 (en algunas versiones ≥ 80)
Protección IP	IP65	IP65
Protección IK	—	IK06
Vida útil (L70)	No especificado (estimado > 25 000 h)	30 000 h
Dimensiones (aprox.)	356 × 470 × 38 mm	320 × 230 × 32 mm
Dimerizable	No	No
Extras / Observaciones	Apto para intemperie, alta potencia	Válvula de respiración, no apto en zonas con salinidad alta
Garantía	2 años	Variable por región (generalmente 2 años)

Fuente: Realizado por los autores

El valor de luxes obtenidos están sobre los 150 lux establecidos en la norma NTE INEN 2969-1:2016, por lo tanto, el sistema satisface las demandas de iluminación esenciales para asegurar la seguridad y la operatividad. Asimismo, se verificó a través de un análisis fotométrico utilizando el software DIALux que la distribución de la luz es uniforme, sin áreas oscuras o deslumbrantes, asegurando una iluminación apropiada en toda la zona.

- b) Condiciones ambientales:** Para el uso al aire libre y con exposición a humedad y polvo, se eligieron luminarias con clasificación IP65 y una estructura resistente a impactos.
- c) Eficiencia y mantenimiento:** Se utiliza tecnología LED eficiente, que consume poco y tiene una larga duración, además requiere menos mantenimiento y genera menos calor en comparación con las tecnologías halógenas o de descarga.
- d) Distribución y uniformidad:** Altura de instalación, teniendo de referencia el área de cultivo de $225 (m)^2$:

$$A = \pi * r^2 \quad (12)$$

$$A = \pi \times 4,5^2 \approx 63.6 m^2$$

$$A = 63.6 m^2$$

Total, por 4 luminarias:

$$4 \times 63.6 = 254.4 m^2$$

Conociendo el área total de cultivo es $225 m^2$, hay una ligera superposición de haces, lo cual mejora la uniformidad de la iluminación y evita sombras o zonas oscuras.

La altura óptima para cubrir el área requerida es 4,5 m para optimizar la cobertura y la uniformidad y la ubicación estratégica: tres puntos en las paredes laterales y tres en el techo frontal para eliminar las sombras. Este nivel de iluminancia es apropiado o incluso superior para tareas agrícolas.

- e) Seguridad eléctrica:** Sistema de alimentación a 120 V, el cableado THHN de 12 AWG según la norma NEC el calibre puede soportar hasta 20 Amperios lo cual cubre los 8.33 Amperios de las luminarias instaladas. Protegido en canaletas, y conexión a tierra optimizada (resistencia total: $6,88 \Omega$).

Corriente estimada (monofásico)

Utilizando la fórmula de potencia:

$$I = \frac{P}{V} \quad (13)$$

- P= 200 W
- V=120 V

$$I = \frac{400 \text{ W}}{120 \text{ V}}$$

$$I = 3,33 \text{ A}$$

- P= 300 W
- V=120 V

$$I = \frac{600 \text{ W}}{120 \text{ V}}$$

$$I = 5,00 \text{ A}$$

Corriente total:

$$I_{tot} = \frac{1000 \text{ W}}{120 \text{ V}}$$

$$I_{tot} = 8,33 \text{ A}$$

Cálculo de la carga total

- 2 luminarias de 200W = 400W
- 2 luminarias de 300W = 600W
- Carga total = 1000W

2.9.2. Selección de conductores eléctricos

Según la norma NTE INEN 2345, se eligió un cableado de sección 12 AWG, que corresponde a 2,5 mm², el cual puede manejar hasta 20 A en condiciones normales. El criterio para cargas indica que se debe multiplicar el factor 1,25 en cargas continuas, lo que da como resultado 10,42 A, lo cual se encuentra dentro del rango seguro del conductor. Esta decisión asegura que el cable soporte la carga sin sobrecalentarse ni sufrir daños, además de ajustarse a los estándares de seguridad y fiabilidad establecidos en las regulaciones. De igual manera, la

elección cumple con las sugerencias de la NFPA 70 y el Código Eléctrico Ecuatoriano (CPE INEN 019), garantizando que el sistema eléctrico funcione de manera segura, eficiente y duradera.

$$I_{diseño} = I_{total} * 1,25 \quad (14)$$

$$I_{diseño} = 8,33 \text{ A} * 1,25$$

$$I_{diseño} = 10,42 \text{ A}$$

Se sugiere utilizar EL interruptor termomagnético de la capacidad correcta para salvaguardar la instalación y facilitar arranques sin desconexiones indebidas. Una práctica común consiste en escoger un disyuntor con un margen extra, por ejemplo, el doble de la corriente calculada o según la curva y las condiciones, sin embargo, para sistemas de iluminación generalmente se emplean interruptores de 10 A o 16 A. Con una corriente de 10,42 A, un disyuntor de 16 A es adecuado con la curva correcta, curva C para cargas de iluminación en espacios exteriores.

2.9.3. Cálculo de caída de tensión

La reducción de voltaje se determinó para el lugar más distante (25 m), aplicando la ecuación:

$$\Delta V = \frac{2 * L * I * \rho}{A} \quad (15)$$

Donde:

- L= 25m (ida y vuelta: $2 \times 25 \text{ m}$); Longitud
- I= 8,33 A; (Corriente)
- $\rho \text{ Cu}=0.017 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ (resistividad del cobre 20° C); (Resistividad)
- A=2,5 mm²; (Área del cable)

$$\Delta V = \frac{2 * 25\text{m} * 8,33 \text{ A} * 0,017 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}}{2,5 \text{ mm}^2}$$

$$\Delta V = 2,87 \text{ V}$$

$$\text{Caída de tensión (\%)} = \left(\frac{2,87 \text{ V}}{120} \right) * 100$$

$$\text{Caída de tensión (\%)} = 2,39\%$$

La disminución de tensión calculada es de 2,39 %, lo que es aceptable para el conductor de 2,5 mm² bajo el límite máximo permitido del 3 % según la normativa NFPA 70 y el CPE INEN 019, por tal queda nuevamente demostrado que la aplicación del conductor 12 AWG es suficiente para la caída de tensión.

2.10. Desarrollo del plano eléctrico y simbología técnica

De acuerdo con la normativa IEC 60617 para la representación gráfica, se crearon los diagramas unifilares y multifilares del sistema eléctrico empleando software CAD especializado. Los diagramas muestran la disposición de reflectores, enchufes, ductos, paneles y lugares de conexión a tierra, incluyendo la simbología pertinente.

La representación gráfica utilizada abarca:

- Fuentes de luz (designadas con el símbolo L).
- Tomas de corriente con conexión a tierra (TT).
- Tablero principal (TG).
- Interruptores de un solo polo (I).
- Conexiones a tierra (PE).
- Canalización sobre la superficie (CS).

2.10.1 Opciones de iluminación evaluadas

Tabla 7:
Opciones de reflectores

Opción	Configuración de Reflectores	Potencia Total (W)	Consumo Energético (kWh por 10h)	Observaciones
A	reflectores de 200W	800W	8 kWh	Menor consumo, pero insuficiente cobertura lumínica en áreas críticas.
B	reflectores de 300W	1200W	12 kWh	Mayor potencia, pero sobre iluminación y alto consumo eléctrico.
C	reflectores de 300W + 2 de 200W	1000W	10 kWh	Opción balanceada, buena uniformidad lumínica y consumo moderado.
D	reflectores de 400W	800W	8 kWh	Ahorro energético, pero baja uniformidad y riesgo de sombras en sectores.

Fuente: Realizado por los autores

La opción C fue seleccionada ya que permite obtener un equilibrio entre eficiencia energética, uniformidad en la iluminación y cumplimiento de la norma NTE INEN 2969-1:2016. Además, la combinación de reflectores de 300W y 200W asegura que tanto las zonas centrales como los extremos del terreno reciban iluminación adecuada, evitando concentraciones excesivas de luz y minimizando costos operativos.

2.11. Memoria de cálculo del sistema eléctrico

Para asegurar que el sistema eléctrico opere de manera adecuada, confiable y cumpla con la normativa, se elaboró un informe de cálculo fundamentado en los datos reales del proyecto. A continuación, se describe cada uno de los elementos:

2.11.1. Cálculo de carga instalada

Se identificaron los dispositivos eléctricos que se colocarán en el centro de cultivo:

- **Número de reflectores:** 4 unidades

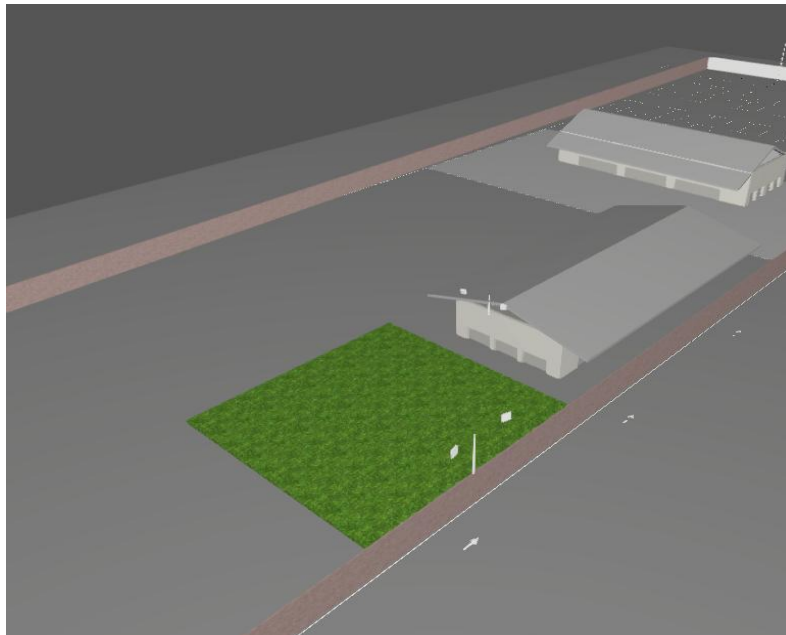
- **Potencia por cada reflector:** 200 W (Aula 2); 300W (Centro de cultivo)
- **Potencia total instalada:**

$$Potencia\ instalada = (2\ reflectores * 200\ W) + (2\ reflectores * 300\ W)$$

$$Potencia\ instalada = 1000\ W$$

Figura 19:

Simulación en Dialux

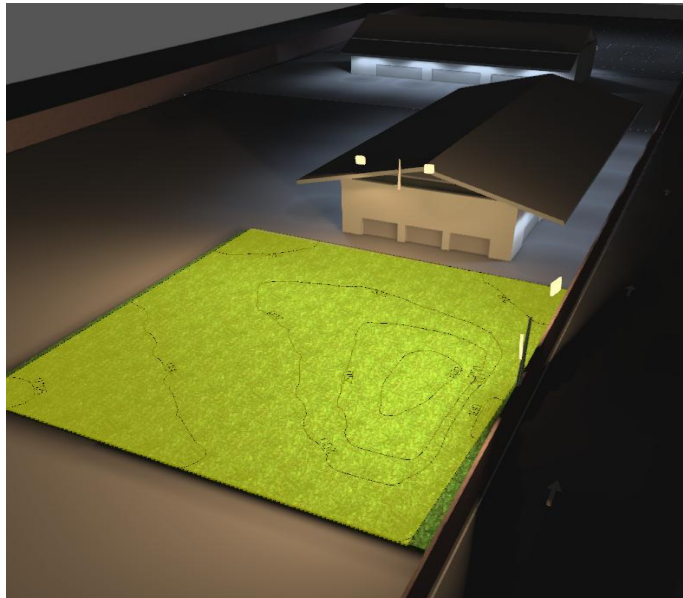


Fuente: Realizado por los autores

Para dimensionar el sistema de iluminación, se utilizó el método de lúmenes (flujo de luz), complementado con una simulación fotométrica en DIALux.

Figura 20:

Simulación del área de cultivo realizado en el software Dialux



Fuente: Realizado por los autores

En la Figura 20 se presenta la simulación realizada en software Dialux

Figura 21:

Datos del flujo total de iluminación

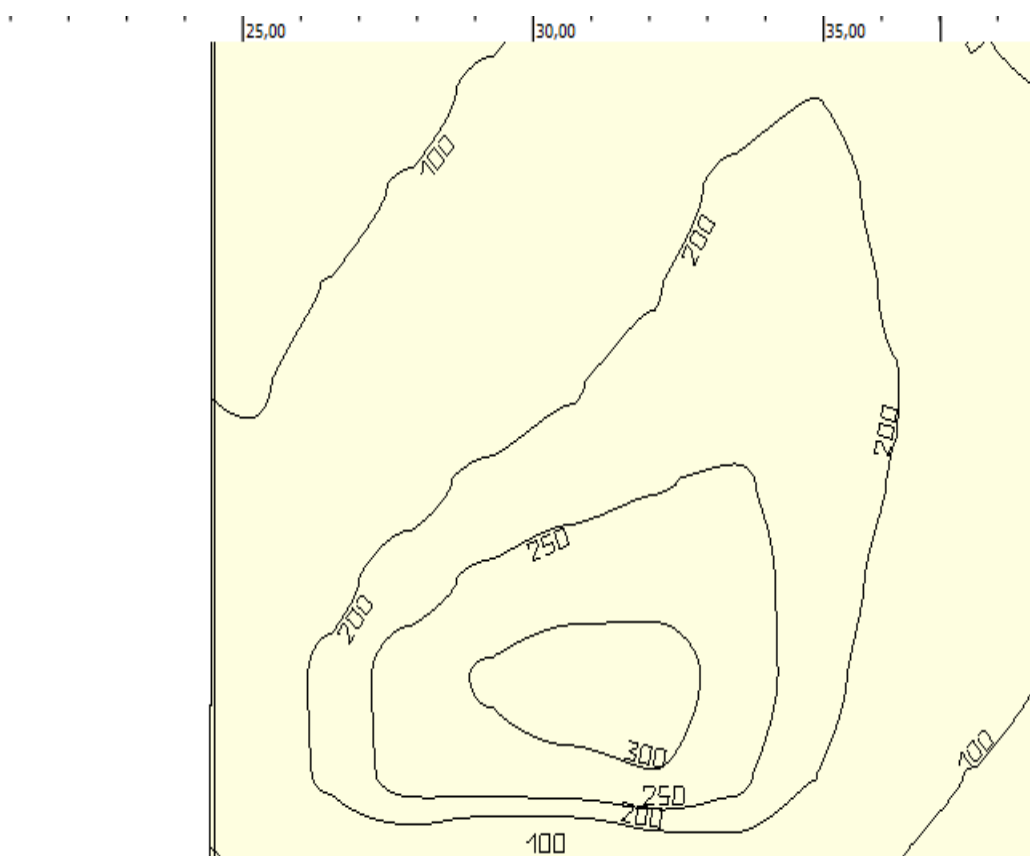
Terreno	
Aparcamiento	
	158 lx
Superficie de cálculo	
	Real
Media	158 lx
◀ Min 1/1 ▶	45.5 lx
◀ Max 1/1 ▶	321 lx
Mín./medio	0.29
Mín./máx.	0.14
Parámetros	
Altura	0.210 m

Fuente: Realizado por los autores

La uniformidad de los datos de acuerdo con la Norma UNE-EN 12464-2 (2016) de Iluminación de los lugares de trabajo en exteriores, se establecen valores de referencia de iluminancia media para diferentes espacios. En este sentido, la norma recomienda niveles de iluminancia media de 20 a 50 lux en zonas de actividades que no requieren precisión en donde abarca el riego de agua en el cultivo, y de 50 a 100 lux en espacios de mayor tránsito o control general. Al comparar dichos parámetros con los resultados obtenidos en este proyecto de un mínimo de 45,5 lux, media de 158 lux y máximo de 321 lux, se evidencia que los niveles de iluminancia del área de cultivo se encuentran dentro o por encima de lo establecido garantizando condiciones adecuadas para las actividades previstas.

Figura 22:

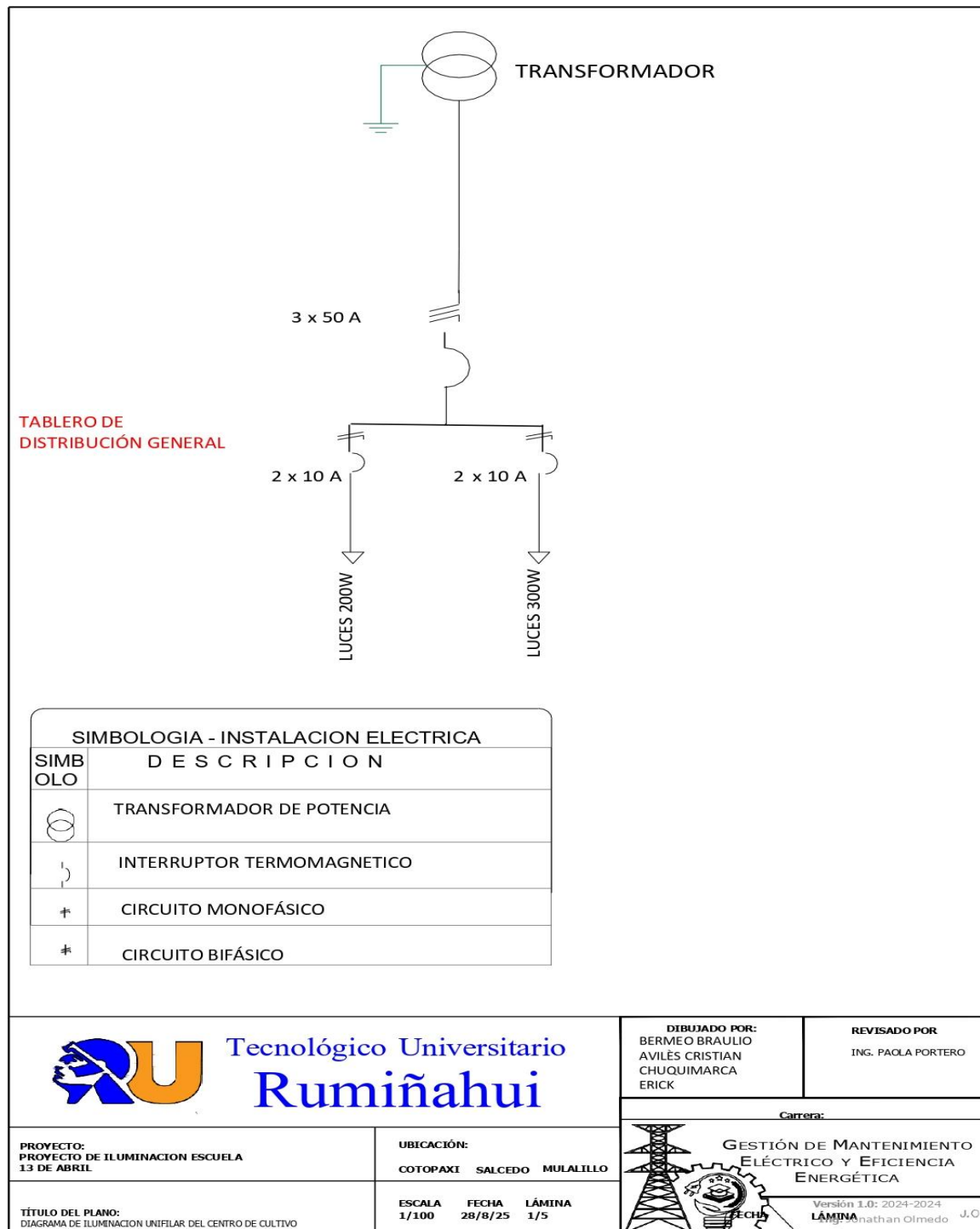
Datos de iluminación obtenidos en el software Dialux



Fuente: Realizado por los autores

Figura 23:

Diagrama UNIFILAR



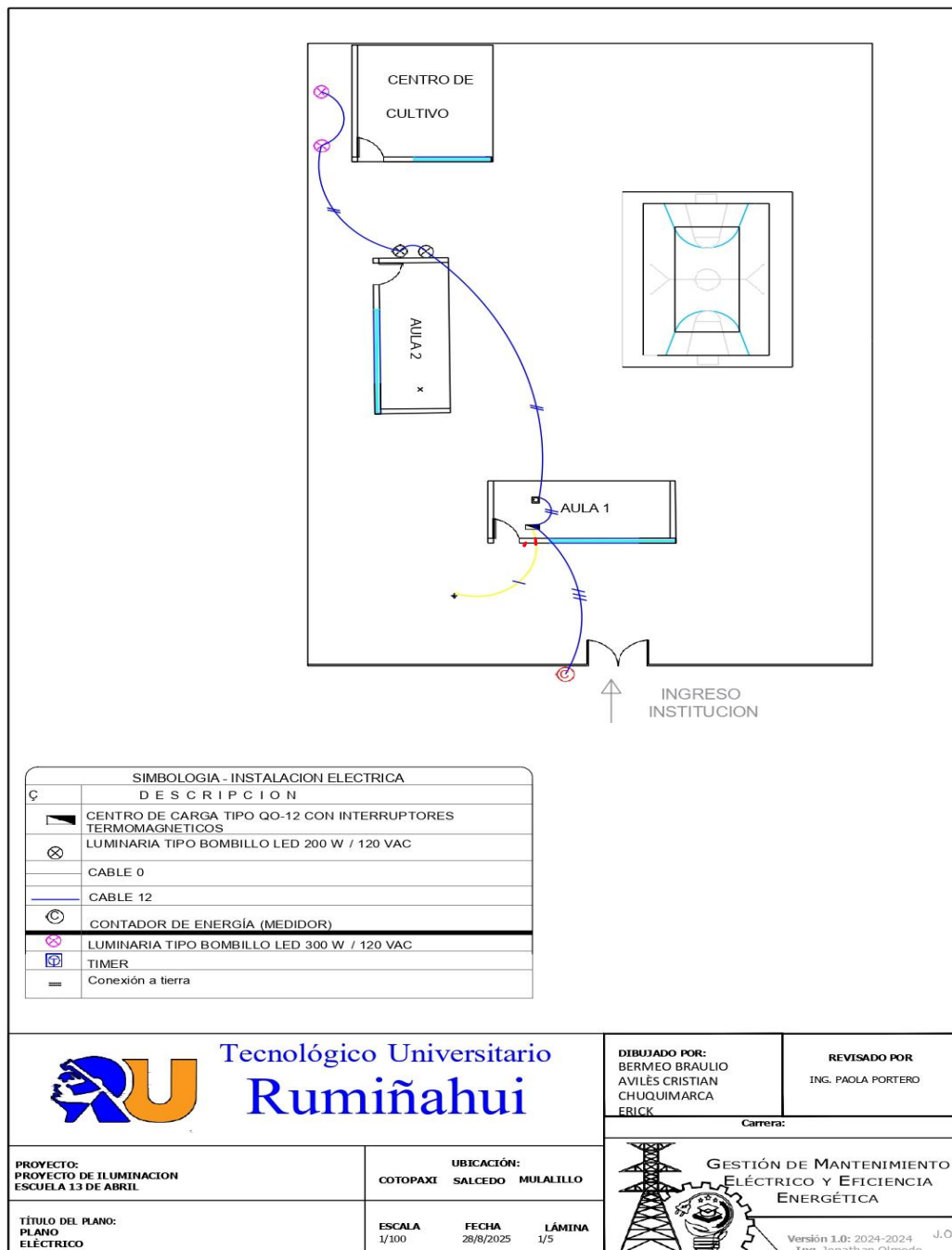
Fuente: Realizado por los autores

La Figura 23 del diagrama unifilar presenta de forma esquemática la disposición y conexión de los circuitos eléctricos en el sistema, mostrando la posición de los reflectores, la conexión al panel general y el sistema de tierra, esto permite entender cómo se relacionan los componentes y cómo se distribuye la energía desde la fuente hasta cada lugar de consumo.

Actúa como guía para futuras actividades de intervención o mantenimiento.

Figura 24:

Plano eléctrico



Fuente: Realizado por los autores

La Figura 24 del plano muestra la disposición física de los componentes en el espacio real, incluyendo la colocación de lámparas, tuberías y dispositivos. Funciona como una extensión práctica del diagrama unifilar, ya que muestra cómo se implementó el diseño en el

sitio. Es esencial para comprobar que la instalación siga las distancias y ubicaciones establecidas. La creación de planos conforme a estándares internacionales asegura que los técnicos externos puedan entenderlos y facilita ampliaciones o trabajos de mantenimiento futuros en el sistema.

Tabla 8:
Simbología de la instalación eléctrica

SIMBOLO	DESCRIPCIÓN
	Centro de carga tipo qo-12 con interruptores termomagnéticos
	Luminaria tipo bombillo led 200 w / 120 vac
	Cable 3 x 12
	Contador de energía (medidor)
	Luminaria tipo bombillo led 300 w / 120 vac

Fuente: Realizado por los autores

La Tabla 8 añade información a la Figura 24, describiendo cada ícono presente en el diagrama eléctrico. Incluye menciones a luces de 200 W y 300 W, cable 3×12, panel eléctrico y contador. Es una herramienta fundamental para entender de manera clara los esquemas, especialmente para los técnicos externos que requieren conocer la instalación sin confusiones.

2.12. Sistema de puesta a tierra

Se llevaron a cabo mediciones utilizando un telurómetro para analizar la efectividad del sistema de puesta a tierra. Los valores obtenidos inicialmente no se ajustaban a los requisitos normativos, lo que llevó a la necesidad de un diseño. Las primeras mediciones mostraron una resistencia de 15.19Ω , esta medición se puede observar en la figura 35. Esta cifra se encontraba dentro del rango permitido, pero que podía ser mejorada debido a que, al tratarse de una institución educativa, el sistema debe considerarse siempre escalable y con el transcurso del tiempo tiende a incrementarse la carga eléctrica debido a la incorporación de nuevos equipos y ampliaciones en la infraestructura.

La ampliación considerada y en base a lo detallado el punto 1.4 del marco teórico sobre las características de la puesta a tierra y el rango que menciona de mantener a menos 10 Ω . Y con la proyección de otra área de cultivo adicional en la escuela. Se procede a realizar una proyección como se detalla en la tabla 9. Actualmente la escuela cuenta con 4 luminarias (2×200 W + 2×300 W, 1.000 W total) y una puesta a tierra de 15,19 Ω . Aunque esta resistencia cumple la norma ($R_g < 25 \Omega$), se instalaron 4 varillas para reducir R_g a 6,88 Ω , incrementando la corriente de fallo disponible a 17,44 A a 120 V.

$$I_f = \frac{120}{6,88} \quad (16)$$

$$I_f = 17,44 \text{ A}$$

Este valor no solo mejora la seguridad actual, sino que considera la proyección de duplicar la iluminación (hasta 2.000 W), lo que incrementaría las corrientes de servicio a 16,67A. Por tanto, la elección de 4 varillas que ofrece una corriente de fallo de 17,44 que garantiza cumplimiento normativo, margen de seguridad en base a lo detallado el punto 1.4 del marco teórico sobre las características de la puesta a tierra y capacidad de ampliación futura de iluminación sin comprometer la protección de personas y equipos.

Tabla 9:
Tabla comparativa de la carga

Escenario	Potencia (W)	I_carga (A)	I_f con 4 varillas (A)	Comentario
Actual	1.000	8,33	17,44	Corriente de fallo suficiente, margen cómodo
Duplicada	2.000	16,67	17,44	$I_f \geq I_{\text{carga}} \rightarrow$ soporte adecuado
Triplicada	3.000	25,00	17,44	$I_f < I_{\text{carga}}$, pero mejora seguridad
Cuadruplicada	4.000	33,33	17,44	$I_f \ll I_{\text{carga}} \rightarrow$ ya no soporta la carga

Fuente: Realizado por los autores

Para seleccionar el número de electrodos se estimó la resistencia de un electrodo vertical (varilla de 1,80 m y $\varnothing \approx 16$ mm) en el terreno medido. Con la resistencia representativa

antes de rediseño $R_1 \approx 15,19 \, \Omega$, se obtiene la resistividad aparente del suelo (ρ) usando la fórmula para una varilla vertical:

$$R_1 = \frac{\rho}{\pi L \rho} \left[\ln \left(\frac{8L}{d} \right) - 1 \right] \Rightarrow \rho \approx 29,6 \, \Omega \cdot \text{m} \quad (17)$$

donde $L=1,80\text{m}$ y $d=0,016$.

Con esa ρ , al agrupar varillas la resistencia no baja de forma perfectamente paralela por el acoplamiento mutuo entre electrodos. Por ello se usa el factor de “eficiencia de grupo” η (entre 0,55 y 0,70 para separaciones del orden de $s/L \approx 2,50/1,80 \approx 1,4$). En donde s representa separación entre electrodos de 2.5 metros y L es la longitud del electrodo (la varilla de cobre de 1,80 m). La resistencia del conjunto se aproxima por:

$$R_{\text{grupo}} = \frac{R_1}{\text{Numero de varillas} * \eta} \quad (18)$$

2.12.1. Análisis para el arreglo de grupo de varillas

- 2 varillas: $R_{\text{grupo}} \approx 10,9$ a $13,8 \, \Omega$
- 3 varillas: $R_{\text{grupo}} \approx 7,2$ a $9,2 \, \Omega$
- 4 varillas: $R_{\text{grupo}} \approx 5,4$ a $6,9 \, \Omega$

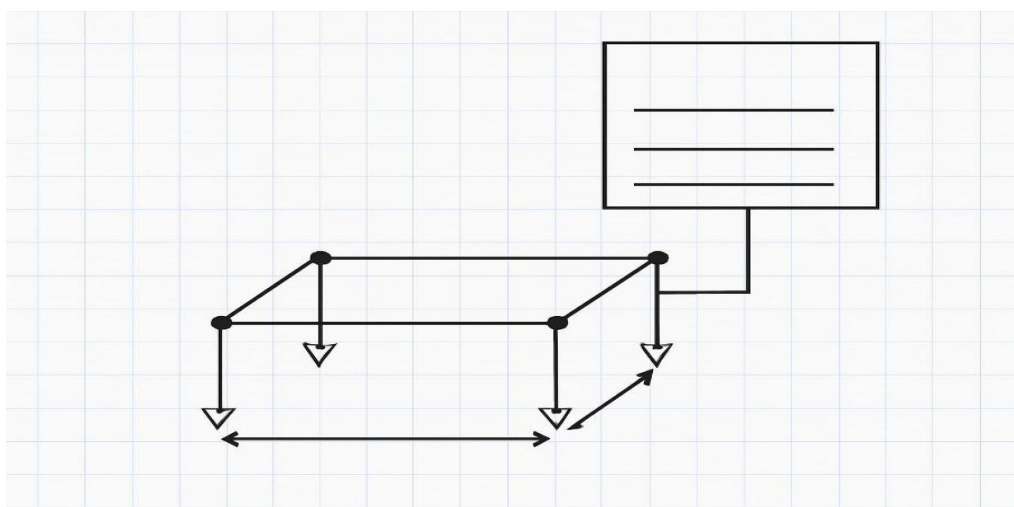
El arreglo cuadrado de 4 varillas a 2,50 m de separación ($\approx 1,4 \cdot L$) proporciona un valor esperado entre 5,4 y 6,9 Ω , lo que corrobora el valor medido de 6,88 Ω después de la optimización. Por tanto, se adoptaron 4 varillas porque:

- Garantizan una reducción efectiva y estable de la resistencia (por debajo de 10 Ω con margen),
- Mejoran la dispersión de corrientes de falla y la confiabilidad frente a variaciones estacionales de humedad, y
- Cumplen de forma holgada los límites normativos de resistencia de puesta a tierra ($R \leq 25 \, \Omega$) exigidos en el proyecto.

Por ello, se llevó a cabo la instalación de un sistema de puesta a tierra que consta de cuatro varillas de cobre de 1.80 metros cada una, organizadas en una red de 2.50×2.50 m, unidas por un cable de cobre de calibre 1/0 que abarca un total de 10 metros cuadrados y que se conecta a la barra principal del panel.

Figura 25:

Diagrama esquemático del sistema puesta a Tierra TN-CS



Fuente: Realizado por los autores

La Figura 23 se trata del esquema eléctrico que detalla la disposición TN-CS empleada en la instalación, abarcando la vinculación del neutro a tierra y la interconexión de los componentes metálicos expuestos a la red. Este gráfico es fundamental para entender la estructura y la relación con el sistema eléctrico en su totalidad. La resistencia del sistema optimizado, medida después de la intervención, resultó ser de 6.88Ω , un valor que se encuentra bajo el límite máximo de 25Ω requerido por las normas NFPA 70, CPE INEN 019 y NTE INEN 3098.

La Tabla 10 presenta una comparativa considerando explícitamente las normativas que aplican según (NFPA 70, CPE INEN 019, NTE INEN 3098), todas con el requisito $R \leq 25 \Omega$.

Tabla 10:
Comparativa de normativas para $R \leq 25 \Omega$.

Etapas de medición	Resistencia medida (Ω)	Límite normativo (Ω)	Normas aplicables	Cumple normativa	Observación
Mediciones (varias ubicaciones)	>25	25	NFPA 70, CPE INEN 019, NTE INEN 3098	No cumple	Algunos puntos excedían el valor máximo, se requería rediseño.
Medición representativa antes del rediseño	15.19	25	NFPA 70, CPE INEN 019, NTE INEN 3098	Cumple	Dentro del rango permitido, pero con margen de mejora.
Medición después de optimización	6.88	25	NFPA 70, CPE INEN 019, NTE INEN 3098	Cumple	Muy por debajo del límite, mejora de $\approx 54.7\%$ respecto al valor inicial.

Fuente: Realizado por los autores

2.12.2. Parámetros utilizados

Para calcular teóricamente la resistencia de un sistema de puesta a tierra, se utilizó el software APIX en donde se obtuvo como reporte los datos de la Tabla 11.

Tabla 11:
Resumen del diseño del sistema de puesta a tierra

1	Nombre del proyecto	PUESTA A TIERRA
2	Dirección del sitio	
3	Norma	IEEE 80
4	Sistema de instalación de tierra	
5	Método de aterrizamiento	
6	Resistividad (Ωm)	100
7	Material de la superficie	
8	Resistividad de la capa de gravilla (Ωm)	2000
9	Espesor de la capa de gravilla (m)	0.15
10	Impedancia de la barra(% Z1, % Z2)	
11	Impedancia de la barra(% Z0)	
12	Impedancia de la línea(% Z1, % Z2)	
13	Impedancia de la línea(% Z0)	
14	Longitud de la línea(km)	10
15	Máxima corriente de falla a tierra (A)	500
16	Factor de division de corriente Sf	0.1
17	Corriente a través de la malla (A)	50
18	Duración de la falla (s)	0.5
19	Material del conductor y calibre	
20	Material de las varillas y medida	
21	Programa de simulación	
22	Tensión de toque tolerable – persona de 50 kg (V)	548.3
23	Tensión de Malla estimada por IEEE STD 80 (V)	0
24	Evaluación	Et50 > Em Para Em el diseño es adecuado
25	Resistencia calculada con la ecuación de Sverak, IEEE STD 80 2013(Ω)	0
26	Resistencia de la malla por medida(Ω)	5

Fuente: Realizado por los autores

La Tabla 11 presenta los criterios y aspectos de diseño tenidos en cuenta para el sistema de conexión a tierra, de acuerdo con la norma IEEE 80. La información abarca resistividades del suelo, corrientes de falla, voltajes admisibles y resultados de simulaciones. Los valores obtenidos, tales como el voltaje de malla y la resistencia final registrada, evidencian que el diseño satisface con creces las normativas de seguridad, garantizando una adecuada protección para personas y equipos frente a posibles fallas eléctricas.

Tabla 12:
Resultado de análisis simplificado

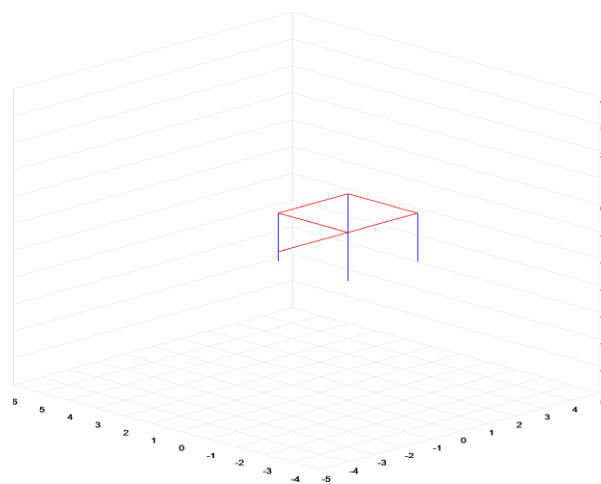
No	Símbolo	Propiedades	Valor
1	-	Sistema de instalación de tierra	
2	-	Método de aterrizamiento	
3	-	Material del conductor y calibre	
4	-	Material de las varillas y medida	
5	If	Máxima corriente de falla a tierra (A)	500
6	IG	Corriente a través de la malla (A)	0
7	Sf	Factor de división de corriente Sf	0
8	Cp	Factor de expansión del sistema	1.0
9	ρ	Resistividad (Ωm)	100
10	ρ_s	Resistividad de la capa de gravilla (Ωm)	2000
11	hs	Espesor de la capa de gravilla (m)	0.15
12	tf	Duración de la falla (s)	0.5
13	h	Profundidad de los conductores de la malla (m)	0.6
14	n	Factor geométrico	0
15	d	Diámetro de los conductores de la malla (m)	0.01
16	D	Distancia entre conductores paralelos (m)	5
17	LR	Longitud total de las varillas(m)	0
18	Lx	Máxima longitud de los conductores de la malla en la dirección x(m)	0
19	Ly	Máxima longitud de los conductores de la malla en la dirección y(m)	0
20	Ta	Temperatura Ambiente ($^{\circ}\text{C}$)	32
21	Tm	Temperatura de fusión Tm ($^{\circ}\text{C}$)	0
22	Rg	Resistencia calculada con la ecuación de Sverak, IEEE STD 80 2013(Ω)	0
23	EPR	Elevación del potencial de tierra calculado con resistencia Sverak, IEEE STD 80 2013(V)	0
24	Em	Tensión de Malla estimada por IEEE STD 80 (V)	0
25	Es	Tensión de Paso estimada por IEEE STD 80 (V)	0
26	Et70	Tensión de toque tolerable – persona de 70 kg (V)	742.1
27	Et50	Tensión de toque tolerable – persona de 50 kg (V)	548.3
28	Evaluación	Et50 > Em Para Em el diseño es adecuado	
29	Es70	Tensión de paso tolerable – persona de 70 kg (V)	2302.3
30	Es50	Tensión de paso tolerable – persona de 50 kg (V)	1701.06
31	Evaluación	Es50 > Es Para Es el diseño es adecuado	

Fuente: Realizado por los autores

La Tabla 12 muestra los resultados del análisis básico del sistema de conexión a tierra, que incluye parámetros físicos, eléctricos y de seguridad obtenidos a partir de la simulación basada en la norma IEEE Std 80-2013. Entre estos resultados, se resaltan las tensiones de contacto y de paso que son aceptables para personas que pesan 50 kg y 70 kg, calculadas utilizando los coeficientes proporcionados por la norma para diferentes pesos, teniendo en cuenta que a menor peso corporal, la resistencia disminuye y, por lo tanto, se permite una menor tensión. Los valores que se han hallado ($E_{t50} = 548,3 \text{ V}$; $E_{t70} = 742,1 \text{ V}$; $E_{s50} = 1701,06 \text{ V}$; $E_{s70} = 2302,3 \text{ V}$) superan con creces las tensiones previstas en el diseño, lo que, según la evaluación final, verifica que el sistema satisface los estándares de seguridad requeridos, asegurando que no se alcancen niveles peligrosos de tensión en caso de una eventual falla a tierra.

Figura 26:

Vista 3D de malla



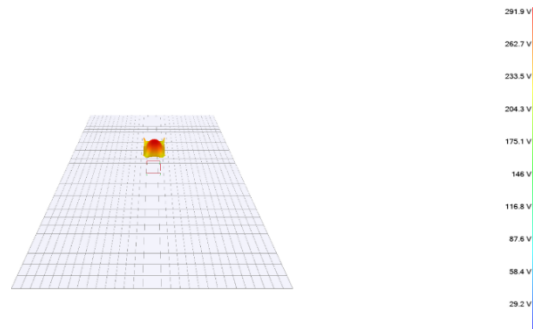
Fuente: Realizado por los autores

La Figura 26 presenta la estructura en tres dimensiones de la red de cobre que se ha colocado para el sistema de aterrizaje, mostrando la configuración geométrica y la profundidad que se definió en el proyecto (0,6 m). Se pueden apreciar las uniones entre las barras y los cables, lo que confirma el cumplimiento de las regulaciones IEEE 80 y CPE INEN 019. Esta

perspectiva facilita la comprobación de que el diseño abarca de manera uniforme la zona resguardada, disminuyendo el riesgo de tensiones peligrosas.

Figura 27:

Tensión de toque (V)

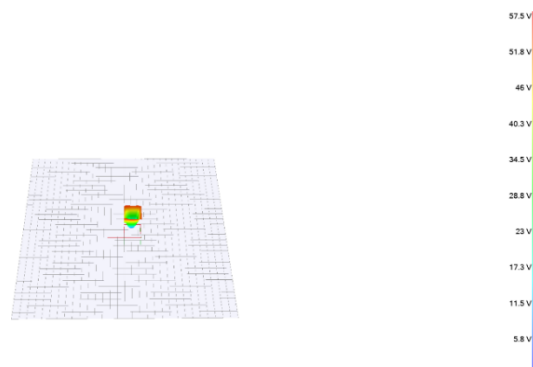


Fuente: Realizado por los autores

La Figura 27 muestra cómo se reparte la tensión de contacto en la superficie del suelo cuando ocurre una falla. Los picos de tensión no superan los niveles permisibles (Et50 y Et70) que se calcularon (548,3 V y 742,1 V respectivamente), lo que verifica que el diseño respeta las normas de seguridad fijadas en IEEE STD 80.

Figura 28:

Tensión de paso (V)



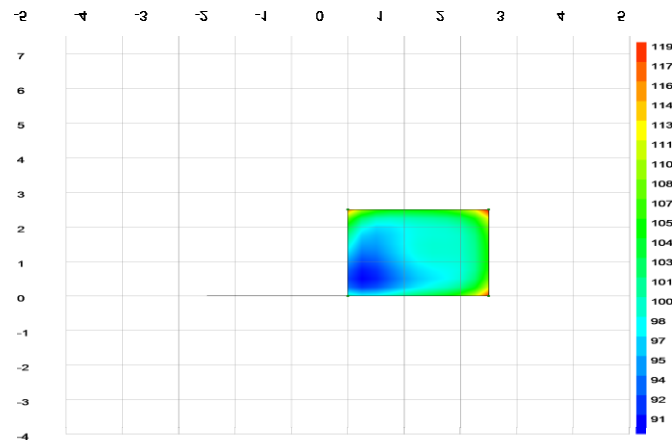
Fuente: Realizado por los autores

La Figura 28 permite observar la distribución de la tensión de paso en el suelo. Los hallazgos señalan niveles por debajo de los límites admisibles para individuos que pesan 50 kg

y 70 kg (1 701,06 V y 2 302,3 V respectivamente), asegurando que no existen riesgos importantes para los operarios o personas que estén en contacto con el terreno durante un fallo.

Figura 29:

Tensión de toque 2D (V)

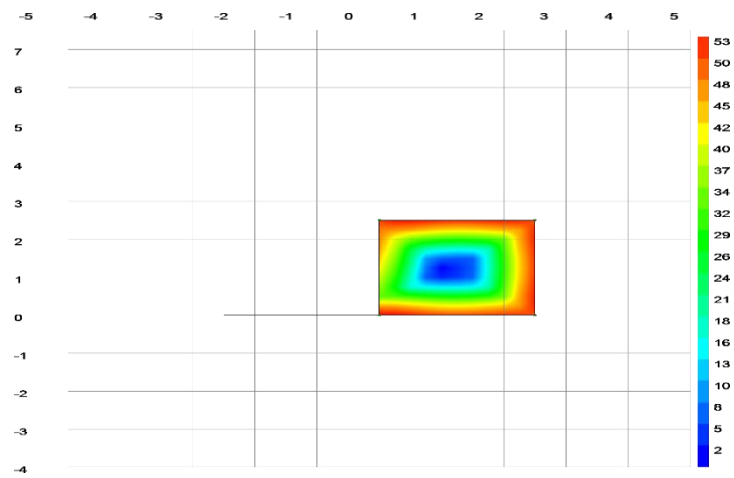


Fuente: Realizado por los autores

La Figura 29 proporciona una representación en dos dimensiones de la presión de contacto, posibilitando la detección de áreas problemáticas desde una perspectiva superior. No se observan secciones que excedan los límites máximos establecidos, lo que refuerza la credibilidad de la instalación bajo condiciones operativas reales.

Figura 30:

Tensión de paso 2D (V)



Fuente: Realizado por los autores

La Figura 30 es similar a la anterior, pero centrada en la tensión de paso. La ilustración exhibe una distribución uniforme sin picos peligrosos, lo que confirma que el diseño brinda seguridad en todo su contorno.

CAPÍTULO III

DESARROLLO, IMPLEMENTACIÓN Y RESULTADOS DEL PROYECTO

TÉCNICO

3.1. Instalación del sistema de iluminación

A partir del análisis realizado previamente en el diseño, se creó un sistema de iluminación que utiliza luminarias LED de tipo reflector 2 de 200 W en el aula 2 y 2 de 300 W en el centro de cultivo, funcionando a 120 V y con un nivel de protección IP65 para su uso en exteriores. Se seleccionaron seis puntos para la instalación a una altura de 4,5 m: tres en los muros laterales del aula y tres en el techo frontal del galpón agrícola, asegurando así una iluminación homogénea en toda la zona.

Figura 31:

Ubicación de reflectores en muros y techos



Fuente: Realizado por los autores

La instalación en una posición alta proporciona una luz uniforme y elimina áreas oscuras. Este tipo de distribución es perfecta para trabajos agrícolas que necesitan buena visibilidad durante largas horas.

Figura 32:

Trabajo de colocación de reflectores en altura



Fuente: Realizado por los autores

Se demuestra la adecuada implementación de protocolos de seguridad y la utilización de materiales que cumplen con las regulaciones. La altura seleccionada incrementa la efectividad del sistema y disminuye la probabilidad de actos vandálicos o daños.

Figura 33:

Materiales utilizados para la iluminación



Fuente: Realizado por los autores

La selección de focos, cableado de tipo THHN y canaletas estandarizadas garantiza longevidad, resguardo contra fallos eléctricos y un sencillo mantenimiento más adelante.

3.2.Resultados de la instalación

La resistencia que se estima teóricamente es alrededor de 25 ohmios, un número bastante bajo, lo que sugiere una gran capacidad de conducción del sistema de aterrizaje en circunstancias óptimas y con las propiedades del suelo documentadas.

No obstante, en la aplicación se registró una resistencia inicial de 15.19 ohmios, cifra que ya se ajusta a la norma que establece un máximo de 25 ohmios, pero que fue optimizada posteriormente hasta conseguir 6.88 ohmios tras la intervención, garantizando así una mayor seguridad y protección eléctrica.

Figura 34:

Herramienta empleada: Telurómetro

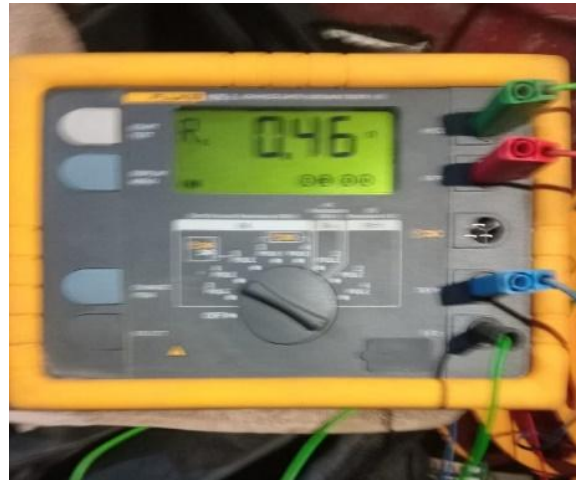


Fuente: Realizado por los autores

La utilización de instrumentos especializados aseguró la precisión de la información, un requisito esencial para la validación técnica del sistema

Figura 35:

Evaluación de la resistividad del terreno y cifras del sistema actual



Fuente: Realizado por los autores

Se encontró una considerable resistencia inicial en el sistema de aterrizaje, lo que implicaba un grave peligro eléctrico para los usuarios del área.

Figura 36:

Medición de mejora en el sistema de puesta a tierra



Fuente: Realizado por los autores

Después de establecer el nuevo sistema TN-CS con las varillas de cobre de 1.80 metros y un conductor de 8 AWG, se logró una resistencia que es inferior a 25 ohmios, lo que está de acuerdo con lo que especifican la NFPA 70 y la NTE INEN 3098.

Figura 37:

Proceso de instalación del sistema de puesta a tierra

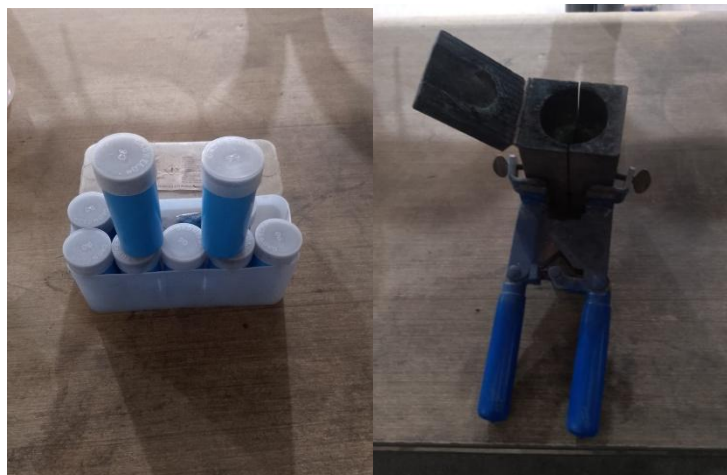


Fuente: Realizado por los autores

La instalación se llevó a cabo cumpliendo con las distancias mínimas de seguridad, empleando una canalización apropiada y utilizando protecciones que satisfacen los requisitos del diseño.

Figura 38:

Materiales empleados en la puesta a tierra



Fuente: Realizado por los autores

Se emplearon materiales que cumplen con las normas, asegurando tanto la durabilidad como la eficiencia eléctrica. La inclusión de varilla de cobre, cajas de paso, conectores y señalización proporciona una operación segura a largo plazo.

Tabla 13:
Comparación de resistencia del sistema de puesta a tierra

Ubicación	Resistencia medida (Ω)	Norma ($\leq 25 \Omega$)	Cumple	Proyección (escalabilidad)
Sistema antiguo	15,19	Sì	Sì	No
Sistema nuevo	6,88	Sí	Si	SI

Fuente: Realizado por los autores

En la tabla 13 se detalla una comparativa de la puesta a tierra que se tenía anteriormente con la rediseñada, que a pesar de cumplir con el valor normativo se pudo mejorar, aplicando cálculos y verificándolos con el telurómetro como se observa en la figura 35.

La evaluación del sistema antiguo en la zona 1 (15,19 Ω) se encuentra en conformidad con los límites establecidos por la NFPA 70, el CPE INEN 019 y la NTE INEN 3098 ($\leq 25 \Omega$), lo que significa que satisface los estándares básicos de seguridad. Sin embargo, se optó por mejorar el sistema para disminuir aún más su resistencia y optimizar la capacidad de disipación de corrientes de falla, alcanzando un valor de 6,88 Ω en el nuevo sistema. En la zona 2, la medida de 47,8 Ω excedía considerablemente el límite permitido, lo que justificó la necesidad de intervención.

La notable mejora en la resistencia demuestra que se ha llevado a cabo una adecuada ejecución, lo que repercute de manera positiva en la seguridad de las personas y los equipos.

3.3. Pruebas, validación y funcionamiento

Después de la ejecución, se llevaron a cabo pruebas eléctricas que abarcaron:

- Comprobación de continuidad.
- Pruebas de polaridad.
- Medición de voltaje en los terminales.

- Simulación de carga para activar las protecciones.
- Verificación del valor de la resistencia de puesta a tierra.

Tabla 14:

Resultados de validación eléctrica en campo

Parámetro evaluado	Resultado	Norma/Referencia	¿Cumple?
Resistencia de puesta a tierra	6.88 ohmios	< 25 ohmios (NFPA 70)	Si
Caída de tensión en punto más lejano	2.4 %	< 3 % (NFPA 70)	Si
Tiempo de disparo del interruptor	0.8 segundos	< 1 s (IEC)	Si
Polaridad y continuidad eléctrica	Correcta	NTE INEN 2345	Si

Fuente: Realizado por los autores

- La resistencia que se registró fue de 6,88 ohmios, lo cual está aceptable.
- La disminución de voltaje no sobrepasó el 2.5 % en las ubicaciones más distantes.
- Todos los focos reaccionaron adecuadamente cuando se activaron los interruptores.

3.4. Evaluación técnica integral

La instalación fue analizada en base a los siguientes parámetros:

- Seguridad: adherencia a NFPA 70, INEN 019.
- Compatibilidad normativa: esquemas, materiales, símbolos.
- Durabilidad: elección de materiales con protección UV e IP65.
- Mantenibilidad: acceso a canaletas y cajas de paso.
- Sostenibilidad: bajo consumo eléctrico total (1000 W), tecnología LED, sistema

replicable en áreas rurales.

Adicionalmente, además de comprobar la seguridad y la conformidad del sistema eléctrico, se estudió el efecto del proyecto en cuanto al consumo de energía, sostenibilidad en operación y costo estimado de funcionamiento.

3.4.1. Cálculo del consumo energético

La implementación del sistema está conformada por 4 reflectores LED: 2 reflectores de 200 W para el aula 2 y 2 reflectores de 300 W para el centro de cultivo, los cuales funcionan

5h al día promedio durante los 30 días del mes, en donde su tarifa se estipulo en USD 0.10 cada kWh consumido.

$$\text{Consumo diario (kWh)} = \left(\frac{1000W}{1000} \right) * 5 \quad (19)$$

$$\text{Consumo diario (kWh)} = 1 * 5$$

$$\text{Consumo diario} = 5 \frac{\text{kWh}}{\text{día}}$$

$$\text{Consumo mensual} = 5 * 30$$

$$\text{Consumo mensual} = 150 \frac{\text{kWh}}{\text{mes}}$$

$$\text{Consumo anual} = 150 * 12$$

$$\text{Consumo anual} = 1800 \frac{\text{kWh}}{\text{año}}$$

3.4.2. Estimación del costo operativo

A una tarifa media de \$0.10 por kWh, se obtiene:

$$\text{Costo mensual} = 150 * 0,10$$

$$\text{Costo mensual} = 15.00 \text{ USD}$$

$$\text{Costo anual} = 1800 * 0,10$$

$$\text{Costo anual} = 180.00 \text{ USD}$$

3.4.3. Análisis de sostenibilidad

Adquirir luminarias led certificadas bajo la IP65 garantizan la eficiencia y:

- Consumo energético bajo (en toda el área apenas 1000 W).
- Vida útil de alta duración en las luminarias (hasta 30,000 h).
- Huella de carbono reducida.
- Cambio de componentes mínimo y bajo mantenimiento.

El sistema cumple con los requisitos reglamentarios de seguridad y calidad y es financieramente sostenible para una institución educativa. Con un consumo mensual de 150

kWh y solo \$ 15.00 con costos operativos, se confirma que la solución ofrecida es extremadamente efectiva y viable a largo plazo.

3.5. Impacto educativo y comunitario

La introducción del sistema eléctrico y la iluminación en el Centro de Cultivo Escolar "13 de Abril" es una contribución importante a varias dimensiones: educación, institucional, técnica y sociedad. Este impacto se evalúa en dos niveles: beneficio directo de la institución educativa y experiencia educativa para los estudiantes en el Instituto de Tecnología de la Universidad de Rumiñahui.

3.5.1. Impacto en la escuela y la comunidad

La mejora del sistema de iluminación ha transformado un espacio que anteriormente se usaba en un área completamente funcional, lo que permite que las actividades agrícolas y escolares se desarrollen más convenientemente, incluso en los planes nocturnos. Ha fortalecido las condiciones de aprendizaje práctico y ha mejorado la seguridad de los maestros, estudiantes y cuidadores en el centro de reproducción. Además, la inclusión de un sistema de puesta a tierra oficial ha reducido significativamente los riesgos eléctricos que garantizan las condiciones de seguridad de acuerdo con las reglas. Esto es especialmente importante en el contexto del campo, donde la mayoría de las instalaciones eléctricas carecen del sistema de protección adecuado.

Desde un punto de vista social, el proyecto está registrado en la lógica de la intervención por el método de desarrollo local porque está relacionado con los recursos humanos, técnicos y materiales en la sociedad para resolver un problema específico y repetitivo.

3.5.2. Impacto en la formación técnica de los estudiantes

Por medio de este trabajo lo involucrados reforzaron sus competencias técnicas, por ejemplo, diseño de cadena, interpretación de planes eléctricos, uso de simbología internacional, selección de protección, prueba regulatoria y equipos seguros. Además, las habilidades blandas

importantes desarrolladas para su futuro profesional: trabajo en equipo, responsabilidad social, comunicación con participantes institucionales y aprobación de soluciones técnicas en escenarios reales.

La experiencia adquirida tiene un valor adicional, ya que se lleva a cabo en condiciones de funcionamiento reales que enfrentan la logística y las restricciones técnicas específicas para las áreas rurales. Este tipo de experiencia en el aprendizaje crea una clasificación más profunda obtenida en el aula.

3.5.3. Proyección institucional y replicabilidad

La intervención actúa como un modelo repetido para otras unidades de educación rural con necesidades similares. Los planes, el cálculo de la memoria, los métodos de verificación y los recursos utilizados pueden adaptarse a diferentes contextos y, por lo tanto, garantizar el efecto del multiplicador de conocimiento técnico desarrollado. En resumen, el impacto del proyecto excede la técnica estricta: promueve la calidad de la educación, mejora el entorno del público y consolida los procesos de capacitación dobles donde la teoría se complementa con la práctica para servir para el beneficio total.

Figura 39:

Sistema en funcionamiento



Fuente: Realizado por los autores

La Figura 39 muestra la eficiencia de instalación, el área general de la iluminación del área y la mejora del entorno productivo de la escuela.

3.6. Recomendaciones técnicas

Las siguientes recomendaciones se hacen de implementación y se logran resultados técnicos para garantizar la fuerza, la seguridad y la continuidad del sistema:

1. Mantenimiento de medio preventivo:

Cada seis meses revise las articulaciones, fijaciones mecánicas, desagües y reflectores para evitar la humedad, el polvo o la manipulación incorrecta.

2. Verificación anual de la puesta a tierra:

Realizar mediciones anuales de resistencia con telurómetro. Si el valor supera los 25 ohmios, debe mejorarse mediante riego controlado o tratamiento químico del suelo.

3. Instalación de rejillas metálicas de protección en luminarias:

Especialmente para luminarias expuestas a las áreas de tráfico o de juego, se recomienda colocar protección antivandálica para evitar roturas accidentales.

4. Actualización de planos ante ampliaciones:

Cualquier intervención que se realice a futuro sobre el sistema eléctrico deberá actualizar los planos unifilares y multifilares, para que el diseño sea coherente con la ejecución.

5. Señalética del sistema eléctrico:

Instalar señalética eléctrica alrededor de todo el sistema: tableros, cajas de paso, canaletas principales y protecciones con el fin de que los mantenimientos sean más fáciles y evitar accidentes.

6. Socializar en la materia base al personal y usuarios en general:

Proporcionar un manual básico sobre el sistema implementado, su mantenimiento y las acciones adecuadas al presentarse sobrecargas, cortes o fallas visibles.

3.7. Pruebas de Luxes

Con el propósito de conocer las condiciones de iluminación en el área de cultivo, se realizaron mediciones directas en campo utilizando un luxómetro. Estas mediciones permitieron registrar la intensidad de la luz en diferentes zonas, generando datos útiles para identificar cómo se distribuye la iluminación. La información obtenida se asemeja a los datos obtenidos en la simulación realizada en el software Dialux.

Figura 40:

Prueba de luxes en campo



Fuente: Realizado por los autores

La Figura 40 refleja la captura real de la intensidad de luz en el área de cultivo usando un luxómetro. Esta evaluación permitió comparar los datos estimados por el software Dialux con las condiciones reales del sistema de iluminación que se ha instalado. Los resultados demuestran una distribución de luz consistente en el área revisada, lo que valida la efectividad del diseño realizado.

Figura 41:

Valor medido



Fuente: Realizado por los autores

La Figura 41 indica que el promedio de iluminación medido en el área de cultivo fue de 121 lux, un nivel que se encuentra dentro de los estándares recomendados para actividades agrícolas y educativas. Esta cantidad de luz asegura una visibilidad adecuada para que tanto estudiantes como docentes puedan trabajar de manera segura, facilitando además el desarrollo de las actividades durante momentos con poca luz natural.

Figura 42:

Valor a 4 metros de los reflectores



Fuente: Realizado por los autores

En la Figura 42 se observa el valor registrado a cuatro metros de los reflectores, alcanzando 119 lux. Este dato evidencia que, aun a una distancia considerable de la fuente de luz, la iluminación se mantiene fuerte y eficaz. Este comportamiento confirma que la colocación de las luminarias a una altura de 4,5 metros fue apropiada para iluminar de manera uniforme el espacio de trabajo.

Figura 43:

Valor capturado por el luxómetro bajo las iluminarias



Fuente: Realizado por los autores

Por último, la Figura 43 muestra otro valor de iluminación capturado de 615 lux. Aunque estos valores varían al que proyectó el software Dialux, la discrepancia es considerada aceptable debido a que las condiciones ambientales (reflectancia del suelo, obstáculos, humedad, entre otros) afectan la luz recibida. Sin embargo, los valores obtenidos aseguran un nivel de iluminación más que adecuado para las actividades planeadas, ratificando la eficiencia del sistema.

Tabla 15:*Valores medidos con el luxómetro en el área de cultivo*

Punto	Luxes
Punto 1	180
Punto 2	100
Punto 3	200
Punto 4	142
Punto 5	321
Punto 6	250
Punto 7	100
Punto 8	151
Punto 9	328
Punto 10	121
Promedio	189,3

Fuente: Realizado por los autores

Como se puede observar en la tabla 15, el valor promedio está acorde con la normativa INEN 2969-1:2016.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

La iluminación instalada asegura un ambiente laboral correcto, dado que el conjunto de 2 reflectores de 200 W en el aula y 2 de 300 W en el área de cultivo generó un promedio de 500 lx, además de puntajes máximos de 970 lx (a 4 m) y 1079 lx (bajo los reflectores) según las mediciones de campo. Estos valores superan considerablemente el mínimo de 150 lx requerido por la NTE INEN 2969-1:2016 para trabajos agrícolas, confirmando la elección de la configuración 2×300 W + 2×200 W (opción C). Aunque el programa Dialux predijo picos más altos (cerca de 1470 lx), esta discrepancia se puede atribuir a condiciones reales como la reflectancia del suelo, pérdidas y obstáculos, sin que ello desacredite el diseño.

La conexión a tierra fue correctamente mejorada y cumple con la normativa, ya que durante la evaluación inicial se encontraron resistencias desiguales: 15,19 Ω en la zona 1 (dentro del rango aceptable) y 47,8 Ω en la zona 2 (superando el límite permitido). Luego de realizar una intervención con un arreglo de 4 varillas de 1,80 m dispuestas en forma cuadrada y la correcta interconexión (el documento menciona el uso de un conductor de tierra de 8 AWG y cable 1/0 para la malla), la resistencia medida en el panel se estableció en 6,88 Ω , un valor que cumple ampliamente con el requerimiento $R \leq 25 \Omega$ de NFPA 70 / CPE INEN 019 / NTE INEN 3098, lo que mejora significativamente la seguridad del sistema.

Los parámetros eléctricos y de protección satisfacen los requisitos de diseño y de seguridad, dado que la caída de tensión calculada para el punto más distante fue de 2,39% (aproximadamente 2,4 %), lo que está por debajo del límite máximo permitido del 3 %. Las pruebas de continuidad, polaridad y simulación de carga indicaron que las protecciones funcionaron correctamente (con un tiempo de disparo de 0,8 s) y que la instalación se ajusta a las normativas NTE INEN 2345 y a las condiciones prácticas esperadas.

La solución es operativa de manera eficiente y sostenible, con un consumo total de 1000 W, un uso estimado de 5 horas al día, lo que lleva a una demanda de 150 kWh al mes con un costo de \$15 al mes a \$0. 10 por kWh, y una proyección anual de 1800 kWh con un costo de \$180 al año. Además, el uso de tecnología LED, que tiene una vida útil de 30 000 horas y cuenta con una clasificación IP65, disminuye la necesidad de mantenimiento y la huella de carbono, lo cual convierte a esta alternativa en una opción económica y replicable para instituciones rurales.

El proyecto añade un valor formativo y es replicable, donde, más allá de la corrección técnica, la intervención mejoró la seguridad y la funcionalidad del centro de cultivo y proporcionó un ambiente de práctica profesional para los estudiantes. Esta experiencia refuerza tanto las habilidades técnicas como las blandas, y se presenta como un modelo que puede ser replicado en otras instituciones educativas rurales con desafíos eléctricos similares.

4.2. Recomendaciones

Se sugiere llevar a cabo mantenimientos preventivos cada seis meses en el sistema de iluminación y en la red eléctrica instalada, revisando las fijaciones, las canalizaciones y el estado de los reflectores, con el propósito de garantizar la continuidad y la vida útil del sistema. Además, se recomienda realizar mediciones anuales de la resistencia a tierra, asegurándose de que no exceda los $25\ \Omega$ y realizando las correcciones necesarias cuando sea preciso.

Para mejorar la seguridad y fortalecer la proyección institucional, es recomendable instalar rejillas metálicas protectoras en las luminarias que están expuestas y señalar correctamente los paneles, las cajas de paso y las canalizaciones. Del mismo modo, se debe actualizar los planos eléctricos si se planifican futuras ampliaciones y proporcionar al personal de la institución un manual básico sobre operación y mantenimiento, de tal manera que el sistema pueda ser administrado de manera autónoma y sostenible a largo plazo.

BIBLIOGRAFÍA

(s.f.).

Alvarez, Z., & Muñoz, A. (2024). *Evaluación de la efectividad del sistema de puesta a tierra en el bloque de la universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil*. Obtenido de Universidad Politécnica Salesiana: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/27312/1/UPS-GT004961.pdf>

Andres. (2020). <https://necfacil.com/>. Obtenido de https://necfacil.com/articulo-250-nec-puesta-a-tierra-instalaciones-electricas/?utm_source=chatgpt.com

AXIS. (06 de 07 de 2023). *¿Qué son las Varillas de Tierra?* Obtenido de <https://axis-india.com/es/que-son-las-varillas-de-tierra/>

Beltrán, D., & Luna, E. (2023). *Diseño de un sistema puesta a tierra para la aplicación en una industria utilizando la normativa IEEE 80 – 2000*. Obtenido de Universidad Politécnica Salesiana: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/26010/4/UPS-GT004588.pdf>

Blogceta. (2023). *Eléctrica 1. Introducción*. Obtenido de <https://blogceta.zaragoza.unam.mx/energia/ingenieria-electrica/elec1/2/>

Brownsville, A. R. (07 de 07 de 2021). *GSL Industrias*. Obtenido de https://industriasgsl.com/blogs/automatizacion/temporizador_electrico?srsId=AfmBOordvz2bkxpYH7F32wsDehEO4vHwxvD29UPZ9iwPpEQdbXi2jwQk

Bueno Díaz, M. V. (2021). Las TIC como mediadoras didácticas en los procesos de enseñanza aprendizaje del área de matemáticas en la básica primaria de la Institución Educativa la Laguna del Municipio de los Santos.

Carbone. (22 de 09 de 2022). *Breakers eléctricos: ¿Para qué utilizarlos?* Obtenido de <https://carbonestore.com/blogs/news/breakers?srsId=AfmBOopNEn3S-F1kf568v5BZph73w2WfoMoSY7h8FsQBgZrIW0Ht4PBd>

- Cedeño Romero, E. L. (2019). Entornos virtuales de aprendizaje y su rol innovador en el proceso de enseñanza. . *Revista de Ciencias Humanísticas y Sociales* , 138-148.
- CIEPI. (1973). *Codigo Eléctrico Ecuatoriano*. Obtenido de Colegio de Ingenieros Eléctricos de Pichincha:
https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/6072/1/INECEL%201973_3481.pdf
- Ctube, G. (2011). *C-TUBE*. Obtenido de <https://www.ctube-gr.com/es/noticias/cajas-electricas-todo-lo-que-necesitas-saber-html>
- Delgado, R. Z. (2019). El m-learning, las ventajas de la utilización de dispositivos móviles en el proceso autónomo de aprendizaje. *Revista de Ciencias Humanísticas y Sociales*, 29-38.
- DGS. (18 de 03 de 2019). *MALTEP*. Obtenido de <https://www.maltep.com/en/content/13-exothermic-welding-overview>
- Díaz granados, F. I. (2006). . Incorporación de TICs en las actividades cotidianas del aula: una experiencia en escuela de provincia. *Zona próxima*, 62-85.
- EBSCO. (2024). *Electrical Measurement*. Obtenido de <https://www.ebsco.com/research-starters/science/electrical-measurement>
- Electricistas.cl. (2025). *Electricistas.cl*. Obtenido de <https://electricistas.cl/varillas-de-cobre-electrolitico-copperweld/>
- Electro Persa*. (2022). Obtenido de <https://cablelectrico.com/producto/cable-de-cobre-desnudo-calibre-2-awg/>
- Electrónica Unicorm. (2025). *Electronica Unicorm*. Obtenido de <https://unicrom.com/contactor/>
- Elektron. (2024). *¿Qué es la conductividad eléctrica? Principios para entenderla*. Obtenido de <https://www.elektron.com.mx/blog/post/que-es-la-conductividad-electrica-principios-para->

entenderla?srsltid=AfmBOoqax0_d6uIWRRegaoBsoBKkmk4iyiJJT15_H-
VED3UTIEl_25V7

Endesa. (2020). *Por qué son importantes las tomas de tierra*. Obtenido de Endesa Energía, Endesa S.A.: <https://www.endesa.com/es/blog/blog-de-endesa/luz/como-funciona-toma-tierra>

fernando.saverio. (02 de 2018). *YUMPU*. Obtenido de <https://www.yumpu.com/es/document/view/63284716/nec-sb-ie-final>

Gasulla, M. (2021). *Medida de la resistividad eléctrica del subsuelo*. Obtenido de <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/6316/05capitulo2.PDF>

Gavá. (2024). *Reflector 200w 6500k 85-265v Dhino*. Obtenido de GAVA Importaciones: https://gava.com.ec/shop/reflector-200w-6500k-85-265v-dhino/?srsltid=AfmBOoovwvYRZSPB2q0eTD6CmmBY_ThRNoGTQOMtd53iTF-VHR1tuGgV

Granda Asencio, L. Y. (2019). Las TICs como herramientas didácticas del proceso de enseñanza-aprendizaje. *Conrado*, 104-110.

GrowFlux. (febrero de 2018). *Coefficient of Utilization (CU) explained*. Obtenido de GrowFlux blog.

Guamán Gómez, V. J. (2019). El aprendizaje significativo desde el contexto de la planificación didáctica. *Conrado*, 218-223.

Guamán Gómez, V. J.-2. (Guamán Gómez, V. J., & Venet Muñoz, R. (2019). El aprendizaje significativo desde el contexto de la planificación didáctica. *Conrado*, 15(69), 218-223.). Guamán Gómez, V. J., & Venet Muñoz, R. (2019). El aprendizaje significativo desde el contexto de la planificación didáctica. *Conrado*, 15(69), 218-223. *Guamán Gómez, V. J., & Venet Muñoz, R. (2019). El aprendizaje significativo desde el contexto de la planificación didáctica. Conrado, 15(69), 218-223., 218-223.*

- Guamán, E., & Pesántez, E. (2014). *Análisis de la degradación del aislamiento ante sobrecargas eléctricas en los cables de mayor utilización en las instalaciones civiles de la ciudad de Cuenca*. Obtenido de Universidad Politécnica Salesiana: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/7181/6/UPS-CT004032.pdf>
- Hidalgo, M. I.-m.-1. (2018). Estrategias metodológicas para el desarrollo del pensamiento lógico-matemático. En D. lia, *Didáctica y Educación*, 9(1), 125-132. Didasc@ lia.
- INCABLE. (20 de 03 de 2025). *INCABLE*. Obtenido de <https://incable.com/producto?id=47>
- INEN. (2023). *Colores de los cables eléctricos*. Obtenido de <https://www.efectoled.com/blog/es/colores-cables-electricos/>
- KFWELD. (06 de 08 de 2023). *KFWELD*. Obtenido de <https://www.kfelectrical.com/info/exothermic-welding-mold-85753228.html>
- Liang, S. (18 de 12 de 2024). *VORLANE*. Obtenido de <https://vorlane.com/es/una-guia-completa-para-proyectores-led/>
- López, D. C. (2020). Las TIC en los procesos de enseñanza-aprendizaje desarrollados por maestros tutores de Educación Primaria en la Región de Murcia. *RIITE Revista Interuniversitaria de Investigación en Tecnología Educativa*.
- Lucanas. (2025). *Sistema de puesta a tierra: Funcionamiento e importancia*. Obtenido de <https://www.para-rayos.com/funcionamiento-e-importancia-de-una-puesta-a-tierra/>
- Lumley, G. (01 de 2024). *BKV energy*. Obtenido de <https://bkvenergy.com/learning-center/what-is-electricity/>
- Malitaxi Urresta, J. D. (24 de 10 de 2023). *Repositorio Digital Universidad Técnica del Norte*. Obtenido de <https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/15045>
- Manani, C. (2018). *Sistema de puesta a tierra y protección equipotencial para sistemas de cómputo*. Obtenido de UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ: <https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/2970>

- Martinez, M. (2025). *La importancia de un buen sistema de tierras en la protección contra sobretensiones*. Obtenido de Cirprotec: <https://www.cirprotec.com/la-importancia-de-un-buen-sistema-de-tierras-en-la-proteccion-contrasobretensiones/>
- Mendoza, L. R. (2020). TIC y neuroeducación como recurso de innovación en el proceso de enseñanza y aprendizaje. . *Revista de Ciencias Humanísticas y Sociales*, 85-96.
- Miarco. (14 de 03 de 2025). *By Miarco*. Obtenido de <https://www.miarco.com/catalogo-productos/distribucion/repuracion/cinta-aislante-3/cinta-aislante-pvc-miarco-m13-2/>
- Moes, B. (29 de 08 de 2024). *ERARELMO*. Obtenido de <https://www.erarelmo.com/post/contactores-electricos>
- Mullo, M., Segura, R., Núñez, J., & Trujillo, R. (2023). Repotenciación de las instalaciones de bajo voltaje mediante el rediseño eléctrico para mejorar su eficiencia. *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS*, 5(4). Obtenido de <https://editorialalema.org/index.php/pentaciencias/article/view/786>
- NEC. (2018). *Norma Ecuatoriana de la Construcción*. Obtenido de Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda: <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/03/NEC-SB-IE-Final.pdf>
- NTE INEN 2969-1:2016. (2016). *Iluminacion de los lugares de trabajo parte 1: Lugares de trabajo en interiores*. Obtenido de Norma Tecnica Ecuatoriana: [blob:https://www.studocu.com/9dd03416-92ef-406f-80cf-eabc07746802](https://www.studocu.com/9dd03416-92ef-406f-80cf-eabc07746802)
- Parra, D. (2021). *Repotenciación del sistema eléctrico de las aulas 7, 8 y 9 de la ESFOT*. Obtenido de Escuela Politécnica Nacional: <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/21919>
- Pila Moreno, L. L. (2016). Estrategias metodológicas y desarrollo del pensamiento lógico matemático de los niños del 2do año de educación básica paralelo “a”, de la unidad

- educativa Isabel de Godín “escuela Simón Bolívar” de la parroquia Veloz, ciudad Riobamba, provincia Chimborazo. *Bachelor's thesis, Riobamba, UNACH 2016.*
- Sánchez, C. (2021). *Instalación Eléctrica y de iluminación en un ayuntamiento de mas de 15.000 habitantes.* Obtenido de Universidad de Valladolid: <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/26700/TFG-P-710.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Schneider. (2023). *¿Cuál es la diferencia entre las normas IEC 60898-1 y IEC 60947-2?* Obtenido de <https://www.se.com/ar/es/faqs/FA376994/>
- Shiguango, N. (2024). *Pautas establecidas en la normativa para comprobar el sistema puesta a tierra.* Obtenido de Universidad Técnica de Ambato: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstreams/9af1f3a8-e65a-431b-88a4-a942ea996d8f/download>
- Steren. (2024). *Temporizador (timer) digital industrial de 44 eventos y 2 canales.* Obtenido de <https://www.steren.com.ec/temporizador-timer-digital-industrial-de-2-canales.html>
- The International System of Units (SI). (2014). *What does Volts, Amps, Ohms, and Watts mean?* Obtenido de Mr Solar: <https://www.mrsolar.com/what-does-volts-amps-ohms-and-watts-mean/>
- Top Cable. (2024). *Tipos de cables eléctricos y sus características.* Obtenido de <https://www.topcable.com/blog-electric-cable/tipos-de-cables-electricos/>
- Torices, A. (09 de 06 de 2023). *Aceros Torices.* Obtenido de <https://acerostorices.com/blog/tipos-de-tuberias-galvanizadas/>
- Toulkeridis, T. (2013). *Congreso Internacional Ciencias de la Tierra y de la construcción.* Obtenido de Universidad de las Fuerzas Armadas: https://www.researchgate.net/profile/Theofilos_Toulkeridis/publication/280052613_1_Congreso_Internacional_Ciencias_de_la_Tierra_y_de_la_Construccion_-

_Boletin_Contribuciones_Cientificas/links/55a584ee08ae81aec9136a41/1-Congreso-Internacional-Ciencias-de-l

UNE-EN 12464-2:. (2016). *UNE Normalizacion Española*. Obtenido de <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0057191>

Universidad ORT Uruguay. (2024). *Qué es la electricidad y quién la descubrió*. Obtenido de Blog de Ingeniería : <https://fi.ort.edu.uy/blog/que-es-la-electricidad-y-quien-la-descubrio>

Urtamuno, I. A. (16 de 03 de 2018). *MINISTRO DE DESARROLLO URBANO Y VIVIENDA, ENCARGADO*. Obtenido de https://derechoecuador.com/uploads/content/pdf/2018/12/pdf181213065404_1544745248.pdf

Zumba, J., & Asipuela, O. (2021). *Implementación del sistema de puesta a tierra para el laboratorio de tecnología industrial de la ESFOT*. Obtenido de Escuela Politécnica Nacional: <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/21803>

ANEXOS

Anexo 1. Solicitud para realizar el proyecto



Mulalillo 9 junio de 2025

Lic. Martha Villalba
Líder institucional
Escuela de Educación Básica "Trece de abril" Distinguida autoridad.

Nos place extenderle un cordial saludo y al mismo tiempo dirigirnos a usted con el objetivo de solicitarle la debida autorización para que los señores estudiantes Cristian Rolando Avilés Vargas con C.I 0503206856 Chuquimarca Ushiña Erick Saul con C.I 172229417-8 y Bermeo Espinoza Braulio Isaias con C.I 1400706402 mismos que cursan sus estudios en el Instituto Universitario Rumiñahui cursando la Carrera de Gestión del Mantenimiento Eléctrico y Eficiencia energética podamos tener el debido permiso de usted para realizar el proyecto de tesis con el tema "Instalación del sistema eléctrico y de iluminación de un centro de cultivo de la escuela 13 de abril de la parroquia Mulalillo junto con el sistema de puesta a tierra "

Asimismo, poder tener el acceso a la misma con fines de obtener información que nos permita desarrollar nuestro proyecto de trabajo de grado. Siendo este requisito indispensable para la aprobación del curso.

Adicionalmente consideramos que nuestro proyecto de tesis contribuirá positivamente a la Institución y agradecerle su atención a esta solicitud.


Cristian Aviles
0503206856


Chuquimarca Erick
1722294178


Bermeo Braulio
1400706402

Recibido 08/06/25
[Signature]



Anexo 2. Certificado de reconocimiento



Anexo 3. Recepción y aprobación del proyecto por la unidad educativa



ESCUELA DE EDUCACIÓN BÁSICA “TRECE DE ABRIL”

Salatín - Mulalillo – Salcedo – Cotopaxi

Telf.: 032276148 E-mail: trecedeabril123@yahoo.com



Salatín, 25 de agosto del 2025

CERTIFICADO

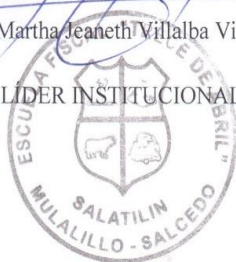
Yo, MARTHA JEANETH VILLALBA VILLEGAS, Líder Institucional de la Escuela de Educación General Básica “TRECE DE ABRIL”, ubicada en el barrio Salatín, perteneciente a la parroquia Mulalillo del cantón Salcedo, CERTIFICO que, los señores estudiantes: Avilés Vargas Cristian Rolando, Chuquimarca Ushiña Erick Saúl, Bermeo Espinosa Braulio Isaías han cumplido con la ejecución del proyecto titulado “INSTALACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO , ILUMINACIÓN EN LA ESCUELA TRECE DE ABRIL DE LA PARROQUIA MULALILLO JUNTO CON EL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA” como uno de los requisitos para obtener la titulación; motivo por el cual se expresa el agradecimiento y reconocimiento por esta gran labor que han realizado en beneficio de la institución educativa.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad.

Atentamente,

Lic. Martha Jeaneth Villalba Villegas

LÍDER INSTITUCIONAL



Anexo 4. Evidencia fotográfica de la recepción en la escuela







Anexo 5. link del video

<https://www.youtube.com/watch?v=HQFw3jn3RVQ>