

Pregrado

Carrera: Gestión del mantenimiento Eléctrico y Eficiencia Energética

Asignatura (UIC): Proyecto de integración curricular

Trabajo de titulación previo a la obtención del

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

Tema: Repotenciar el sistema eléctrico en la escuela Enriqueta de Wind ubicada en la ciudad de Machala

Autor/s: Tapia Loaiza Fabrício Manuel

Tutor: Pérez Mora Santiago Rogelio

Fecha: (Fecha de entrega cuando cumple con el plagio)



Autor:

Tapia Loaiza Fabricio Manuel



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

Matriz: Sangolquí -Ecuador

Correo electrónico: fabricio.tapia@ister.edu.ec

Dirigido por:

Pérez Mora Santiago Rogelio



Título: Ingeniero Electrico – Master Diseño Industrial y de procesos

Matriz: Sangolquí -Ecuador

Correo electrónico: santiago.perez@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

TAPIA LOAIZA FABRICIO MANUEL

***REPONTENCIAR SISTEMA ELÉCTRICO EN LA ESCUELA ENRIQUETA DE WIND
UBICADO EN LA ESCUELA DE MACHALA***



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, Fabricio Mamuel Tapia Loaiza declaro y acepto en forma expresa lo siguiente: Ser autor del trabajo de titulación denominado Repotenciar sistema eléctrico en la escuela Enriqueta de Wind de Laniado de la Tecnología superior universitaria de 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,

**Fabricio Manuel Tapia Loaiza
C.I.: 0703209353**

MATRIZ SANGOLQUÍ: Av. Atahualpa 1701 y 8 de Febrero
Telf: 0960052734 / 023524576 / 022331628
www.ister.edu.ec / info@ister.edu.ec

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

CT-ANX-2025-ISTER-3

CARRERA:

TECNOLOGIA UNIVERSITARIA EN MANTENIMIENTO ELECTRICO Y EFICIENCIA
ENERGETICA

AUTOR:

FABRICIO MANUEL TAPIA LOAIZA

TUTOR:

SANTIAGO ROGELIO PEREZ MORA

CONTACTO ESTUDIANTE:

0991996689

CORREO ELECTRÓNICO:

Fabriciotapia87@yahoo.com

TEMA:

REPOTENCIAR SISTEMA ELECTRICO EN LA ESCUELA ENRIQUETA DE WIND
UBICADO EN LA CIUDAD DE MACHALA

OPCIÓN DE TITULACIÓN: UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

El presente proyecto titulado Repotenciar el sistema eléctrico en la Escuela Enriqueta de Wind tiene como objetivo principal el rediseño, cálculos e implementación de instalaciones eléctricas en cuatro aulas educativas garantizando seguridad, eficiencia y cumplimiento de la normativa vigente.

El trabajo se desarrolló en varias etapas se diagnosticó el sistema eléctrico existente, diseño técnico bajo los lineamientos de la Norma Ecuatoriana Nec e implementación de las soluciones propuestas, se realizó un levantamiento de cargas, cálculos de iluminación mediante software Dialux, diseños de circuitos, selección de conductores, protecciones y elaboración de planos eléctricos en Autocad incluyendo diagramas unifilares.

Los resultados obtenidos demuestran una mejora significativa en la seguridad eléctrica, la distribución de cargas y la eficiencia energética, cumpliendo con los niveles de iluminación requeridos que son 300 lux promedio en aulas y así garantizar una instalación confiable y finalmente se presentan conclusiones y recomendaciones orientadas a mantener la continuidad del servicio eléctrico y la seguridad de la comunidad educativa

Palabras claves:

Repotenciar, Eficiencia, Seguridad eléctrica, Confiabilidad, Mejoramiento

ABSTRACT

The present project, entitled "Upgrading the Electrical System at Enriqueta de Wind School," is to redesign, calculate, and implement electrical installations in four classrooms, ensuring safety, efficiency, and compliance with current regulations.

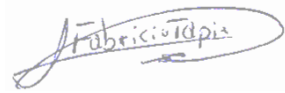
The work was carried out in several stages: the existing electrical system was diagnosed, technical design was carried out under the guidelines of the Ecuadorian NEC Standard, and the proposed solutions were implemented. Load surveys were performed, lighting calculations were

performed using Dialux software, circuit designs were performed, conductor selection, protections were performed, and electrical drawings were prepared in AutoCAD, including single-line diagrams.

The results obtained demonstrate a significant improvement in electrical safety, load distribution, and energy efficiency, meeting the required lighting levels of 300 lux on average in classrooms to ensure a reliable installation. Finally, conclusions and recommendations are presented aimed at maintaining the continuity of the electrical service and the safety of the educational community.

Keywords:

Repower, Efficiency, Electrical Safety, Reliability, Improvement

A handwritten signature in blue ink, reading "Fabricio Tapia", enclosed within a blue oval. The signature is stylized and cursive.

Firma del Estudiante

Fabricio Manuel Tapia Loaiza

C.I.: 0703209353



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 **FABRICIO MANUEL TAPIA LOAIZA** con C.I 0703209353 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,

Firma del Estudiante
Fabricio Manuel Tapia Loaiza
C.I.:0703209353

MATRIZ SANGOLQUÍ: Av. Atahualpa 1701 y 8 de Febrero
Telf: 0960052734 / 023524576 / 022331628
📞📞📞 www.ister.edu.ec / Info@ister.edu.ec

DEDICATORIA

Dedico el presente proyecto primeramente a Dios por darme la vida, la salud y la sabiduría necesaria para culminar esta meta, a mi madre y seres queridos quienes con su apoyo y comprensión iluminaron mi camino en los momentos de mayor dificultad.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradezco a Dios por permitirme culminar esta etapa tan importante en mi vida, a mi madre y seres queridos quienes con esfuerzo, dedicación y sacrificio me brindaron la oportunidad de formarme profesionalmente, a ellos agradezco este logro por comprender mis ausencias y apoyarme en los momentos más difíciles.

A mi tutor y docentes de carrera por su paciencia, compromiso y valiosos conocimientos que contribuyeron al desarrollo de este trabajo.

Finalmente agradezco a todas las personas que de una u otra manera formaron parte de este proceso y dejaron huella en mi formación académica y personal.

RESUMEN

El presente proyecto titulado Repotenciar el sistema eléctrico en la Escuela Enriqueta de Wind tiene como objetivo principal el rediseño, cálculos e implementación de instalaciones eléctricas en cuatro aulas educativas garantizando seguridad, eficiencia y cumplimiento de la normativa vigente.

El trabajo se desarrolló en varias etapas se diagnosticó el sistema eléctrico existente, diseño técnico bajo los lineamientos de la Norma Ecuatoriana Nec e implementación de las soluciones propuestas, se realizó un levantamiento de cargas, cálculos de iluminación mediante software Dialux, diseños de circuitos, selección de conductores, protecciones y elaboración de planos eléctricos en Autocad incluyendo diagramas unifilares.

Los resultados obtenidos demuestran una mejora significativa en la seguridad eléctrica, la distribución de cargas y la eficiencia energética, cumpliendo con los niveles de iluminación requeridos que son 300 lux promedio en aulas y así garantizar una instalación confiable y finalmente se presentan conclusiones y recomendaciones orientadas a mantener la continuidad del servicio eléctrico y la seguridad de la comunidad educativa

Palabras claves:

Repotenciar, Eficiencia, Seguridad eléctrica, Confiabilidad, Mejoramiento

ABSTRACT

The present project , entitled "Upgrading the Electrical System at Enriqueta de Wind School," is to redesign, calculate, and implement electrical installations in four classrooms, ensuring safety, efficiency, and compliance with current regulations.

The work was carried out in several stages: the existing electrical system was diagnosed, technical design was carried out under the guidelines of the Ecuadorian NEC Standard, and the

proposed solutions were implemented. Load surveys were performed, lighting calculations were performed using Dialux software, circuit designs were performed, conductor selection, protections were performed, and electrical drawings were prepared in AutoCAD, including single-line diagrams.

The results obtained demonstrate a significant improvement in electrical safety, load distribution, and energy efficiency, meeting the required lighting levels of 300 lux on average in classrooms to ensure a reliable installation. Finally, conclusions and recommendations are presented aimed at maintaining the continuity of the electrical service and the safety of the educational community.

Keywords:

Repower, Efficiency, Electrical Safety, Reliability, Improvement

ÍNDICE

<i>DEDICATORIA</i>	<i>iii</i>
<i>AGRADECIMIENTOS</i>	<i>iv</i>
<i>RESUMEN</i>	<i>v</i>
<i>ÍNDICE</i>	<i>vii</i>
<i>ÍNDICE DE FIGURAS</i>	<i>xii</i>
<i>ÍNDICE DE TABLAS</i>	<i>xvi</i>
<i>INTRODUCCIÓN.....</i>	<i>1</i>
Contexto del problema.....	1
Planteamiento del problema.....	2
Alcance y resultados esperados	3
Objetivos.....	3
Objetivo general	3
Objetivos específicos	4
Justificación.	4
<i>CAPÍTULO I</i>	<i>5</i>
<i>MARCO TEÓRICO.....</i>	<i>5</i>
1.1. Antecedentes.....	5
1.2. Instalaciones eléctricas.....	6

1.2.1. Acometida.....	7
1.2.2. Dispositivos de medición	8
1.2.3. Interruptores.....	8
1.2.4. Transformadores.....	9
1.2.5. Tablero de medidores	10
1.2.6. Tablero de distribución	10
1.2.7. Alimentadores secundarios	12
1.3. Normativa Ecuatoria de la construcción (NEC) para instalaciones eléctricas	12
1.3.1. Dimensionamiento de cargas	13
1.3.2. Clasificación de circuitos en instalaciones residenciales	13
1.3.3. Dimensionamiento y segregación de circuitos independientes	14
1.3.4. Calibre mínimo de conductores	15
1.3.5. Especificaciones para tuberías y canalizaciones	16
1.3.6. Instalación y requisitos técnicos de tableros de distribución	16
1.3.7. Código de colores para conductores eléctricos	16
1.3.8. Sistema de puesto a tierra	17
1.4. Sistema de iluminación.....	18
1.4.1. Magnitudes fotométricas	19
Intensidad luminosa.....	20
Flujo luminoso.....	20
Eficacia luminosa.....	22
Iluminancia.....	23
Luminancia	24
Índice de rendimiento de color	24
Temperatura de color	25
1.5. Alumbrado en interiores	26

1.5.1. Esquema para el cómputo de lúmenes	27
1.5.2. Estimación de flujo luminoso requerido	27
1.5.3. Distancia de elevación de una luminaria	29
1.5.3.1. Iluminación directa	30
1.5.3.2. Iluminación semidirecta.....	31
1.5.4. Determinación de la constante de utilización	33
1.5.5. Estimación del índice de local	33
1.5.6. Determinación de las constantes de reflexión	34
1.5.7. Estimación del factor de utilización	35
1.5.8. Cálculo del coeficiente de mantenimiento	36
1.5.9. Determinación del número de unidades lumínicas	36
1.5.10. Distribución de unidades lumínicas en espacios interiores	37
1.5.11. Verificación de niveles lumínicos	40
1.5.12. Estándares de niveles lumínicos según UNE-EN 12464-1:2011	40
1.6. Protección malla a tierra	41
<i>CAPÍTULO II</i>	<i>45</i>
<i>METODOLOGÍA Y DISEÑO DEL PROYECTO TECNICO.....</i>	<i>45</i>
2.1. Tipo de investigación	45
2.2. Diseño Metodológico	45
2.3. Metodología del proyecto	45
2.4. Diagnóstico del sistema eléctrico actual	46
2.4.1. Iluminación deficiente	46
2.4.2. Numero insuficiente de toma corrientes.....	47
2.4.3. Empalmes irregulares	48

2.4.4. Falta de protecciones individuales.....	48
2.4.5. Conductores deteriorados	49
2.4.6. Ausencia del sistema puesta a tierra	50
<i>2.5. Recolección de datos mediante instrumentos de medición</i>	<i>50</i>
2.5.1. Recolección de datos mediante instrumentos de medición.....	51
<i>2.7. Aplicación de la normativa</i>	<i>53</i>
<i>2.8. Diseño del sistema eléctrico</i>	<i>54</i>
2.8.1. Diseño y cálculos del sistema de iluminación.	54
2.8.2. Diseño y simulación con el software Dialux.....	58
2.8.3. Cálculo de caída de tensión	68
2.7.3.1. Cálculo de caída de tensión en circuito de iluminación.....	69
2.7.3.2. Cálculo de caída de tensión en tomacorrientes.....	70
2.7.3.3. Cálculo de caída de tensión en tablero principal-4 aulas	71
2.8.4. Selección del calibre de conductores.....	73
2.8.5. Sistema de puesta a tierra	74
2.8.6. Distribución de breaker en tablero eléctrico	74
2.8.7. Resumen de materiales	75
2.9. Planos del circuito eléctrico en general de las aulas	76
2.9.1. Plano eléctrico	76
2.9.2. Diagrama Unifilar general de las 4 aulas.....	76
<i>CAPÍTULO III</i>	<i>77</i>
<i>DESARROLLO, IMPLEMENTACIÓN Y RESULTADOS DEL PROYECTO TÉCNICO</i>	<i>77</i>
3.1 Introducción.....	77
3.2. Desarrollo del proyecto	77

3.3. Fases de implementación	77
3.3.1. Desmontaje.....	77
3.3.2. Instalación de canalizaciones.....	80
3.3.3. Tendido de conductores	81
3.3.4. Montaje de tablero eléctrico	83
3.3.5. Implementación del sistema de iluminación	85
3.3.6. Implementación de tomas corrientes e interruptores	89
3.3.7. Sistema puesto a tierra	91
3.4. Resultados obtenidos y mediciones	92
3.4.1. Medición de voltaje en tablero eléctrico principal	93
3.4.2. Voltaje en tomacorrientes	95
3.4.3. Corriente de luminarias	97
3.4.4. Medición de luxes del sistema de iluminación actual.....	98
3.4.5. Medición de sistema puesta a tierra	101
<i>CAPÍTULO IV</i>	<i>104</i>
<i>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</i>	<i>104</i>
<i>Bibliografía.....</i>	<i>106</i>
<i>ANEXOS</i>	<i>.....</i>

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Instalación eléctrica</i>	6
Figura 2. <i>Acometida</i>	7
Figura 3 <i>Sistema de medición</i>	8
Figura 4 <i>Interruptor</i>	9
Figura 5 <i>Transformadores</i>	9
Figura 6 <i>Tablero de medidores</i>	10
Figura 7 <i>Cuadro de distribución</i>	11
Figura 8. <i>Ramal principal de alimentación</i>	11
Figura 9 <i>Ramal secundario de alimentacion</i>	12
Figura 10 <i>Sistema de iluminación</i>	19
Figura 11 <i>Espectro de luz</i>	19
Figura 12 <i>Ilustración de flujo lumínico</i>	22
Figura 13 <i>Eficiencia lumínica</i>	23
Figura 14 <i>Iluminancia</i>	23
Figura 15 <i>Luminancia</i>	24
Figura 16 <i>IRC</i>	25
Figura 17 <i>Temperatura de color</i>	25
Figura 18 <i>Iluminación global y local</i>	26
Figura 19 <i>Altura de montaje de fuente luminosa</i>	29
Figura 20 <i>Tipos de iluminación</i>	31
Figura 21 <i>Tipos de iluminación</i>	32
Figura 22 <i>Esquemas del área a iluminar</i>	34
Figura 23 <i>Disposición de unidades lumínicas</i>	38
Figura 24 <i>Separación entre fuentes lumínicas</i>	39
Figura 25 <i>Protecciones contra descargas eléctricas</i>	42
Figura 26 <i>Esquema general de puesto a tierra</i>	43
Figura 27 <i>Aplicación del método Wenner</i>	43

Figura 28 Iluminacion deficiente en aulas	46
Figura 29 Estado actual tomacorrientes.....	47
Figura 30 Cantidad de tomacorrientes.....	44
Figura 31 <i>Empalmes en los circuitos eléctrico</i>	45
Figura 32 <i>Ausencia de protecciones eléctricas</i>	46
Figura 33 <i>Conductor sulfatado y aislamiento envejecido</i>	46
Figura 34 <i>Ausencia de varilla de puesta a tierra</i>	46
Figura 35 <i>Medición de Voltaje</i>	47
Figura 36 <i>Medición de Corriente</i>	48
Figura 37 <i>Distribución de luminarias en cada aula</i>	55
Figura 38 <i>Iluminación interna de cada aula</i>	56
Figura 39 <i>Simulación en Dialux de todas las aulas</i>	56
Figura 40 <i>Resultados obtenidos en aula 1</i>	57
Figura 41 <i>Resultados obtenidos en aula 2</i>	57
Figura 42 <i>Resultados obtenidos en aula 3</i>	58
Figura 43 <i>Resultados obtenidos en aula 4</i>	58
Figura 44 <i>Verificación de luxes requeridos</i>	59
Figura 45 <i>Distribucion correcta de luxes en Aula 1</i>	61
Figura 46 <i>Distribucion correcta de luxes en Aula 2</i>	61
Figura 47 <i>Distribucion correcta de luxes en Aula</i>	62
Figura 48 <i>Distribucion correcta de luxes en Aula 4</i>	62
Figura 49 <i>Resultados del simulador Dialux</i>	63
Figura 50 <i>Distancias de luminarias</i>	64
Figura 51 <i>Tablero eléctrico de Distribución</i>	72
Figura 52 <i>Desmontaje de conductores defectuosos</i>	76
Figura 53 <i>Desmontaje de luminarias antiguas</i>	76
Figura 54 <i>Desmontaje de conductores empalmados en cajetines</i>	77
Figura 55 <i>Desmontaje de empalmes de iluminación antigua</i>	77

Figura 56 <i>Canalizaciones antiguas</i>	78
Figura 57 <i>Canalizaciones actuales</i>	79
Figura 58 <i>Estado de conductores antes</i>	80
Figura 59 <i>Cambio de conductores actual</i>	80
Figura 60 <i>Colores de conductores</i>	81
Figura 61 <i>Caja de distribución antigua</i>	81
Figura 62 <i>Instalación de Caja de distribución nueva</i>	82
Figura 63 <i>Caja de distribución</i>	82
Figura 64 <i>Caja de distribución</i>	83
Figura 65 <i>Caja de distribución con los breakers</i>	83
Figura 66 <i>Instalación de luminarias</i>	83
Figura 67 <i>Luminarias aula 1</i>	83
Figura 68 <i>Luminarias aula 2</i>	86
Figura 69 <i>Luminarias aula 3</i>	86
Figura 70 <i>Luminarias aula 4</i>	87
Figura 71 <i>Nivel de iluminación</i>	87
Figura 72 <i>Tomacorrientes estado anterior</i>	88
Figura 73 <i>Tomacorrientes estado actual</i>	89
Figura 74 <i>Tomacorrientes sobrepuestos</i>	90
Figura 75 <i>Interruptores nuevos</i>	90
Figura 76 <i>Ausencia de puesta a tierra</i>	91
Figura 77 <i>Puesta a tierra implementada</i>	91
Figura 78 <i>Voltaje fase 1 y neutro</i>	92
Figura 79 <i>Voltaje fase 2 y neutro</i>	92
Figura 80 <i>Voltaje fase 1 y 2</i>	93
Figura 81 <i>Voltaje en tomas corrientes aula 1</i>	95
Figura 82 <i>Voltaje en tomas corrientes aula 2</i>	95
Figura 83 <i>Voltaje en tomas corrientes aula 3</i>	96

Figura 84 <i>Voltaje en tomas corrientes aula 4</i>	96
Figura 85 <i>Corriente en iluminarias fase 1</i>	97
Figura 86 <i>Voltaje entre fase y tierra</i>	101
Figura 87 <i>Corriente medida</i>	102
Figura 88 <i>Protección de puesta a tierra</i>	103

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Clasificación de viviendas según área y circuitos mínimos.</i>	13
Tabla 2 <i>Factores de demanda para iluminación y tomacorrientes.</i>	14
Tabla 3 <i>Potencias medias para cargas especiales.</i>	14
Tabla 4 <i>Factores de demanda para cargas especiales según potencia total.</i>	14
Tabla 5 <i>Calibres de conductores y su protección</i>	15
Tabla 6 <i>Calibre mínimo recomendado para conductores en instalaciones residenciales.</i>	16
Tabla 7 <i>Código de colores para conductores eléctricos.</i>	17
Tabla 8 <i>Tamaño mínimo de conductores de puesta a tierra según corriente nominal de protección</i>	18
Tabla 9 <i>Caracterización de intensidad lumínica</i>	21
Tabla 10 <i>Cálculo de altura de montaje según categoría del recinto.</i>	30
Tabla 11 <i>Cálculo estimado del índice de local k.</i>	34
Tabla 12 <i>Factor de reflexión según características superficiales.</i>	35
Tabla 13 <i>Coeficiente de utilización.</i>	36
Tabla 14 <i>Coeficiente de mantenimiento.</i>	36
Tabla 15 <i>Distancias recomendadas entre dispositivos lumínicos.</i>	39
Tabla 16 <i>Recomendaciones lumínicas para oficinas.</i>	41
Tabla 17 <i>Recomendaciones lumínicas para plantas industriales</i>	41
Tabla 18 <i>Parámetros de diseño de malla a tierra</i>	44
Tabla 19 <i>Materiales.</i>	44
Tabla 20 <i>Medición de Iluminación</i>	52
Tabla 21 <i>Requerimientos técnicos Nec.</i>	53
Tabla 22 <i>Requerimientos técnicos UNE</i>	53
Tabla 23 <i>Cálculo del índice del local</i>	55
Tabla 24 <i>Valores índice local</i>	55
Tabla 25 <i>Valores índice local.</i>	56
Tabla 26 <i>Datos técnicos de luminaria</i>	57

Tabla 27 Calculo de numero de luminarias	58
Tabla 28 <i>Datos de aplicación y medidas del plano</i>	58
Tabla 29 Resultados obtenidos en dialux	63
Tabla 30 <i>Resultados obtenidos por aula</i>	67
Tabla 31 <i>Tabla de resistencia de conductores de cobre THHN a 75 °C</i>	69
Tabla 32 <i>Tabla de cálculo de corriente y protecciones</i>	69
Tabla 33 Resultados de calculos y caidas de tension por aula en iluminacion	70
Tabla 34 Tabla de calculo de corriente y protecciones en toma corrientes.....	71
Tabla 35 Resultados de calcular da caida de tension por aula en tomas corrientes	71
Tabla 36 Potencia total del sistema electrico	72
Tabla 37 Calculo de caida de tension en tablero de distribucion	72
Tabla 38 Tabla de calibres recomendados de acuerdo a la corriente y circuito	73
Tabla 39Codigo de colores por conductores electricos	73
Tabla 40 Lista de materiales	75
Tabla 41 <i>Datos de voltaje en tablero de distribución</i>	95
Tabla 42 <i>Datos de voltaje en tomas corrientes</i>	97
Tabla 43 Datos de corriente en luminarias	98
Tabla 44 Medicion de luxes medio.....	99
Tabla 45 Medicion de luxes antes y despues	100
Tabla 46 Resultados de mediciones puesta a tierra	102

INTRODUCCIÓN

Contexto del problema

El presente proyecto se ubica en la provincia de El Oro - Machala en la escuela Enriqueta de Wind que tiene un área de 1500 m² que se encuentra ubicada en un barrio urbano llamado Vergeles.

La escuela fue fundada en el año 1990 tiene 35 años laborando en el campo de educación cuenta con 25 aulas, su modalidad es presencial en la jornada matutina y vespertina el cual tienen un aproximado de 25 docentes y 700 estudiantes, la comunidad educativa que forma parte de esta institución pertenece a sectores urbanos de Machala, en cada aula hay 35 estudiantes de 5 a 11 años de edad y un docente por cada una, solo consta de 2 focos ahorradores, un interruptor y 2 tomacorrientes el cual están ubicados por el escritorio del docente y el otro por el pasillo, adicional no cuenta con sistemas eléctrico distribuido correctamente.

Cada aula con dimensiones aproximadas de 5,50 x 9 metros, está equipada únicamente con pupitres individuales para los estudiantes y un escritorio para cada docente. La oficina de dirección es utilizada exclusivamente para labores administrativas, toma de apuntes y planificación de las clases, las actividades escolares se centran en la enseñanza tradicional mediante el uso de pizarras y el desarrollo de tareas escritas.

Cabe destacar que las aulas no cuentan con equipamiento tecnológico como proyectores, pantallas, computadoras, laboratorios ni sala audiovisuales, el proceso educativo se basa en métodos convencionales de enseñanza. Por ello, la infraestructura física disponible resulta limitada, lo que hace indispensable mejorar las condiciones estructurales y eléctricas para

garantizar un entorno seguro, funcional y acorde a las necesidades básicas de aprendizaje de los estudiantes

Planteamiento del problema

En la escuela Enriqueta de Wind ubicada en la ciudad de Machala presenta deficiencias significativas en su sistema eléctrico, se han identificado múltiples fallas que afectan directamente a los equipos eléctricos y a la seguridad de los estudiantes, docentes y padres de familia, uno de los principales problemas identificados es la falta de mantenimiento continuo lo cual ha provocado el deterioro de las instalaciones eléctricas, este descuido se refleja en mal estado visible de los conductores que están empatados en cada punto con cinta para alimentar a otros circuitos, contactos sulfatados, toma corrientes, interruptores y disyuntores que ya no funcionan correctamente los cuales presentan fallas recurrentes que afectan el funcionamiento del sistema eléctrico en la escuela.

Como consecuencia los equipos eléctricos básicos utilizados en la escuela tales como luminarias y tomas corrientes han comenzado a presentar problemas de uso, dificultando las tareas académicas diarias, se ha evidenciado un sistema de iluminación deficiente que no garantiza los niveles adecuados de luz para la lectura y concentración de los estudiantes afectando su rendimiento y salud visual, así mismo la ausencia de un sistema de protección individual por circuito representa un riesgo eléctrico significativo ya que puede derivar en cortocircuitos, sobrecargas o descargas poniendo en peligro la integridad física de los niños, docentes y personal administrativo.

Todos estos factores evidencian la necesidad urgente de repotenciar el sistema eléctrico de la institución con el fin de garantizar condiciones seguras, funcionales y adecuadas para el proceso educativo.

Alcance y resultados esperados

En el presente proyecto se repotenciará el sistema eléctrico en cuatro aulas de la escuela Enriqueta de Wind, incluyendo el sistema de fuerza como el sistema de iluminación, las actividades se centrarán en el levantamiento de información eléctrica, rediseño y ejecución de instalaciones conforme a las normas vigentes.

El alcance del presente proyecto incluye la recopilación de datos eléctricos en las cuatro aulas seleccionadas, dimensionamiento de conductores y protecciones según las cargas identificadas, implementación de un sistema de iluminación eficiente mediante el cálculo adecuado de lúmenes por área, sustitución completa de conductores en los circuitos de tomacorrientes e iluminación y aplicación de las normativas técnicas nacionales para asegurar un sistema eléctrico seguro y eficiente.

Como resultado en el proyecto se tendrá un sistema eléctrico seguro, eficiente y confiable acorde a los estándares técnicos, reducción significativa de riesgos eléctricos para estudiantes y docentes, mejorar las condiciones de iluminación favoreciendo el confort visual y el rendimiento académico de cada estudiante y también cumplir con las normativas en dimensionamiento de conductores, protecciones y distribución de cargas.

También se tendrá una mayor vida útil a los componentes eléctricos instalados para lograr un menor costo de mantenimiento a futuro.

Objetivos

Objetivo general

Repotenciar sistema eléctrico de la escuela Enriqueta de Wind, ubicada en la ciudad de Machala.

Objetivos específicos

- Diagnosticar la instalación eléctrica inicial para identificar fallas y determinar los requerimientos en la parte eléctrica.
- Conocer las normas y requerimientos de acuerdo a las instalaciones eléctricas que se van a realizar
- Diseñar el sistema eléctrico, iluminación y puesta a tierra de acuerdo con las normas vigentes en instalaciones eléctricas
- Implementar el sistema eléctrico diseñado de acuerdo con las normas vigentes en instalaciones eléctricas
- Verificar el correcto funcionamiento del sistema eléctrico diseñado.

Justificación.

El presente proyecto se enfoca en repotenciar las instalaciones eléctricas en la Escuela Enriqueta de Wind, como cambio de conductores, toma corrientes, interruptores e iluminación y distribución eléctrica por aulas de todo el sistema eléctrico el cual se dará solución a los problemas eléctricos y deficientes que existen actualmente en la escuela por sus años de servicio y falta de mantenimiento del mismo, esto lograra mejorar la eficiencia energética, protecciones en cada circuito eléctrico, minimizar riesgos eléctricos, seguridad del área y de los niños que estén en un ambiente adecuado y seguro en las instalaciones eléctricas de la escuela.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes

El proyecto de repotenciar el sistema eléctrico busca mejorar todas las instalaciones eléctricas, distribución de cargas, prevenir riesgos eléctricos, uso de conductores adecuados de acuerdo con la carga de trabajo que se valla a realizar en un lugar.

Según (Aucay y Criollo,2022) realizaron una evaluación de medición de luminarias en los patios de los parques del perímetro en la ciudad de Cuenca para analizar en qué estado y eficiencia tenía el sistema de iluminación el cual los lúmenes no eran suficientes para la correcta iluminación en los parques, por el cual realizaron una repotenciación para mejorar la eficiencia y mejorar la visibilidad, este proyecto logro mejorar la calidad de visibilidad , reducir el consumo energético y optimizar los recursos para la ciudad.

Según (Parra Martínez ,2021) realizo el sistema eléctrico en 3 aulas de una escuela de formación en seguridad privada el cual los conductores, tomas de alimentación, iluminación, disyuntores estaban en mal estado y tenían mucho tiempo sin realizar un mantenimiento eléctrico el cual realizo medición de cargas para cambiar conductores en la alimentación de cada circuito, se calculó cantidad luminarias por aula y tablero de distribución por cada aula. Con esta implementación se logró mejorar la eficiencia eléctrica, protecciones en cada circuito eléctrico, mejorar el ambiente de cada aula y seguridad en los riesgos eléctricos que estaban expuestos los niños de la escuela

Según (Reinoso Piñeiro, 2023) realizo un estudio de carga en los conductores de alimentación eléctrica para un local comercial el cual los disyuntores se disparaban y se recalentaban los conductores, realizo una recopilación de datos de todas las cargas suministradas por el centro comercial en las placas de cada elementos y dispositivos para determinar las cargas totales y dimensionar el conductor correcto y disyuntores para cada puesto de trabajo, además realizo una medición en la iluminación para determinar cuántas luminarias se necesitan en determinada área. Con este estudio eléctrico y rediseño logro mejorar la eficiencia de energía, protecciones eléctricas adecuadas para cada circuito y un ambiente seguro para los clientes y personal de trabajo.

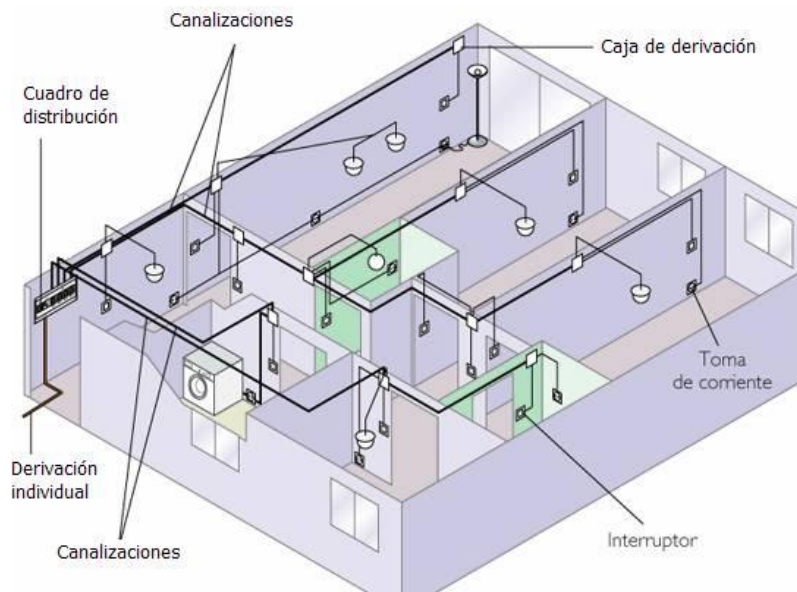
Según (Villavicencio Castillo,2020) realizo una repotenciación eléctrica en un taller mecánico, la iluminación y distribución eléctrica estaba en malas condiciones y todas las maquinas no estaban correctamente distribuidas con un tablero eléctrico para control de ellas, el cual calculo todas las cargas de cada una de las máquinas para nuevas líneas de alimentación, disyuntores para cada equipo, conductores e iluminación. Con la repotenciación implementada se logró tener más seguridad y protecciones en las instalaciones eléctricas.

1.2. Instalaciones eléctricas

Una instalación eléctrica está definida como un conjunto de circuitos eléctricos que están concebidos para dotar energía eléctrica edificios, inmuebles, o algún tipo de infraestructura. Este tipo de instalaciones incluye todos los equipos necesarios como cables o microistemas que permitan dotar de energía al espacio además de permitir una conexión de diferentes aparatos electrónicos, como se expone en la Figura 1. También está definido como un conjunto de sistemas energéticos que pueden ser capaces de generar, transmitir, distribuir y recibir un tipo de energía eléctrica para una utilización posterior (Pepeeenergy, 2025)

Figura 1

Instalación eléctrica



Nota: Imagen que detalla un sistema eléctrico ordenado. Tomado de (Pepeeenergy, 2025)

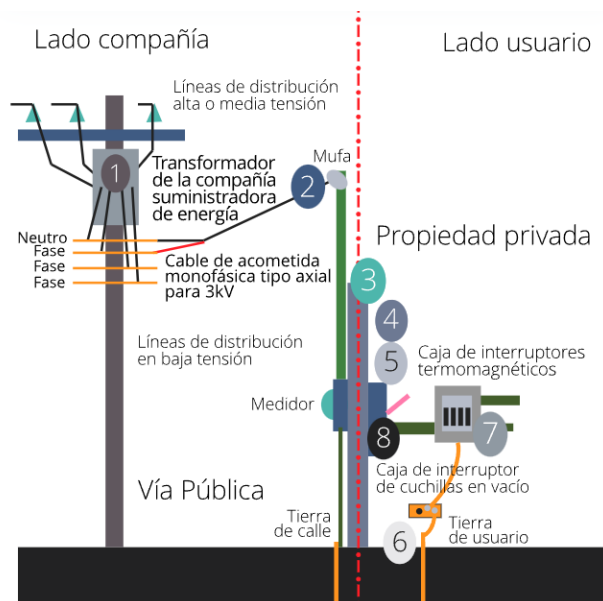
1.2.1. Acometida

Una acometida, expuesta en la Figura 2, se la puede definir como un tipo de derivación de cables eléctricos en una instalación, desde la red de distribución urbana que es proporcionada por la empresa que suministra este tipo de servicio eléctrico, hasta un medidor de energía de la edificación que se encargará de poder medir la cantidad de energía eléctrica utilizada en periodos de tiempo.

Por lo general las acometidas constan de los siguientes partes (Martinez, 2022):

- Transformador eléctrico
- Tubo conductor
- mufa
- Cables eléctricos
- Cable de tierra
- Interruptores de fusibles
- Interruptores termomagnéticos

Figura 2
Acometida



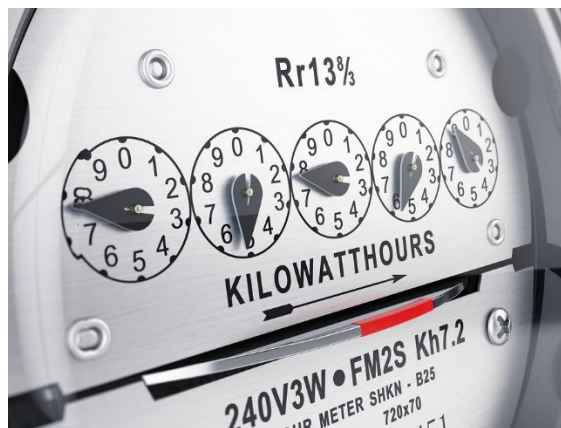
Nota: Esquema de una acometida, tomado de (Martinez, 2022.)

1.2.2. Dispositivos de medición

Como se muestra en la Figura 3, este equipo tiene la función esencial de medir el consumo de energía eléctrica. Lo cual, permite verificar que se cumplan las condiciones establecidas en el contrato entre la empresa y el usuario. Para garantizar resultados precisos y confiables, el medidor debe estar correctamente calibrado y sellado. Asimismo, es necesario protegerlo frente a interferencias externas. Su instalación debe realizarse en un sitio accesible, lo que facilita la lectura periódica y la inspección programada (Bernal, 2020)

Figura 3

Sistema de medición



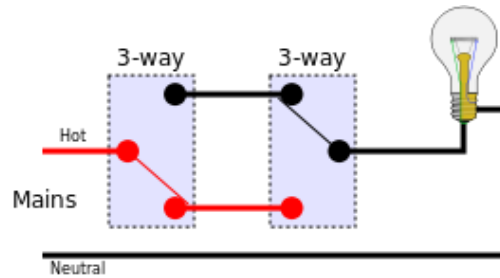
Nota. Información tomada de (Rogger, 2022)

1.2.3. Interruptores

Un interruptor constituye un elemento fundamental en los circuitos eléctricos, encargado de interrumpir o restablecer el paso de corriente (Figura 4). Más allá de su función básica de conectar o desconectar, este equipo puede incorporar mecanismos que protegen contra sobrecargas y cortocircuitos. De este modo, desempeña tres roles esenciales: controlar el flujo eléctrico, posibilitar el accionamiento a distancia y garantizar la seguridad al identificar condiciones anómalas en el sistema (Torres , 2020).

Figura 4

Interrupción



Nota. Información tomada de (Rogger, 2022)

1.2.4. Transformadores

Los transformadores son tipos de dispositivos importantes en todo ámbito eléctrico pues son los que se encargan de poder alterar el voltaje de las fuentes de energía hasta transportarlas al valor preciso que se requiere, en entornos amplios o que sean intrincados en el que se encuentra en diferentes componentes que operen bajo variadas tensiones resulta muy importante e imprescindible que se disponga de numerosas fases de voltaje, es en este momento en donde entra en acción estos transformadores pues bien sea por separado o por medio de la combinación en subestaciones, de esta forma se logra otorgar una flexibilidad necesaria que pueda atender dichas configuraciones y garantías se un suministro eficaz y optimo.

Figura 5

Transformadores



Nota: tomado de (Freepik, 2025)

1.2.5. Tablero de medidores

Luego del transformador, se ubica el tablero de medidores que contiene un interruptor general. Ambos componentes están interconectados de forma directa. Desde un interruptor, diversas barras conducen la energía eléctrica hacia varios circuitos, según se ilustra en la Figura 6. La energía se distribuye mediante interruptores secundarios especializados, lo cual facilita el control preciso del flujo eléctrico hacia áreas específicas dentro de la red analizada (Farina , 2022)

Figura 6

Tablero de medidores



Nota: Información tomada de (AC Diestrielectricas,2024)

1.2.6. Tablero de distribución

El cuadro de distribución, que cuenta con diversos interruptores generales, proporciona energía a cada sección del sistema. El número de estos tableros y sus interruptores varía según la proximidad a la fuente y la cantidad de circuitos presentes (véase Figura 7). Esta estructura adaptable mejora la eficiencia del suministro eléctrico, garantizando un flujo constante y personalizado para cada zona estudiada (NEC, 2018).

Figura 7

Cuadro de distribución



Nota. Información tomada de (esinsa, 2025)

El ramal principal, como se expone en la Figura 8, corresponde al conductor encargado de transferir energía eléctrica desde la acometida o el tablero general hacia los tableros secundarios. Su propósito consiste en asegurar la capacidad de conducción de corriente eléctrica demandada por la instalación, respetando las especificaciones de capacidad nominal, sistemas de protección y continuidad operativa del suministro eléctrico (Gudi, 2025)

Figura 8

Ramal principal de alimentación



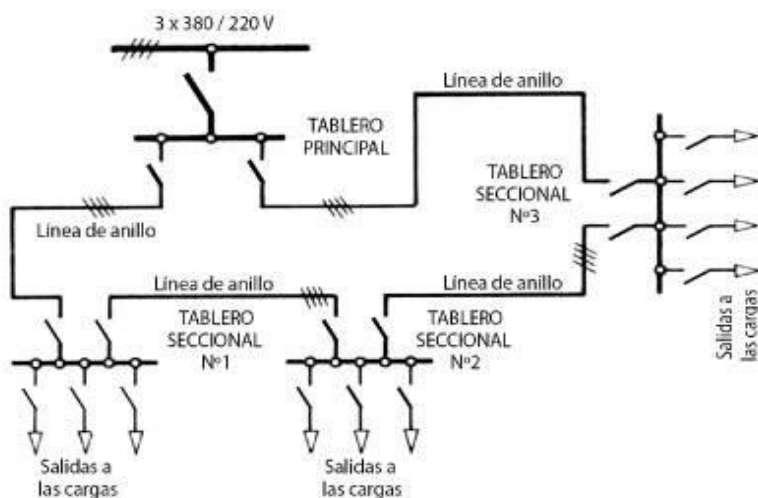
Nota. Información tomada de (estructuras carga electrica, 2020)

1.2.7. Alimentadores secundarios

Los ramales secundarios en baja tensión se encargan de distribuir la energía eléctrica desde los tableros secundarios hacia los circuitos derivados destinados a iluminación, tomas de corriente y cargas específicas. Estos conductores se dimensionan según la carga nominal de cada circuito, asegurando la integridad del sistema y el cumplimiento de las normativas vigentes en la distribución interna residencial.

Figura 9

Ramal secundario de alimentación



Nota. Información tomada de (Formaci & Tecn, 2021)

1.3. Normativa Ecuatoria de la construcción (NEC) para instalaciones eléctricas

El desarrollo y cálculo adecuado de sistemas eléctricos residenciales demanda un análisis exhaustivo de múltiples variables técnicas. Entre ellas se incluyen la categorización de edificaciones y cargas, el cálculo y aislamiento de circuitos independientes, la determinación precisa del calibre mínimo de cables y el diseño de canalizaciones conforme a normas de seguridad y capacidad. Asimismo, se estipulan criterios específicos para la instalación y señalización de cuadros de distribución, el esquema cromático de conductores y el esquema de puesta a tierra, asegurando la conformidad con estándares vigentes y la integridad funcional del sistema eléctrico domiciliario.

1.3.1. Dimensionamiento de cargas

Este dimensionamiento consiste en tipos de procesos en los cuales se logra determinar una cantidad de energía, potencia o inclusive la capacidad que debe existir en un determinado sistema o componente ya sea este máquina o instalación eléctrica para que pueda funcionar y operar de forma adecuada, además de eficiente y segura de acuerdo a las normas y las demandas en las que va a estar sometida, sin presentar ningún problema o peligro para las personas o aquellos operadores (Casado , 2021).

1.3.2. Clasificación de circuitos en instalaciones residenciales

La clasificación en los circuitos de instalación sobre todo residenciales se lo realiza definiendo el número mínimo de circuitos para iluminación y tomacorrientes (Tabla 1). Se distinguen tres categorías de cargas: iluminación, tomacorrientes y cargas especiales, estas últimas con potencia superior a 1.5 kW. Para cada categoría, se aplican factores de demanda que ajustan la carga instalada a la demanda probable, evitando sobredimensionamientos. Estos factores varían en función del tipo de vivienda y la potencia total de cargas especiales (Tablas 2, 3 y 4).

Tabla 1

Clasificación de viviendas según área y circuitos mínimos.

Tipo	Área (m²)	Circuitos iluminación	Circuitos tomacorrientes
Pequeña	< 80	1	1
Mediana	80–200	2	2
Mediana G.	201–300	3	3
Grande	301–400	4	4
Especial	> 400	1 por cada 100 m ²	1 por cada 100 m ²

Nota. Información tomada de (NEC, 2018)

Tabla 2

Factores de demanda para iluminación y tomacorrientes.

Vivienda	FD Iluminación	FD Tomacorrientes
Pequeña - mediana	0.70	0.50
Mediana grande - grande	0.55	0.40
Especial	0.53	0.30

Nota. Información tomada de (NEC, 2018)

Tabla 3

Potencias medias para cargas especiales.

Equipo eléctrico	Potencia (W)
Ducha eléctrica	3500
Horno eléctrico	3000
Cocina eléctrica	6000
Calefón eléctrico	8000
Aire acondicionado	2500
Calentador eléctrico	3000
Cargador vehículo eléctrico	7500

Nota. Información tomada de (NEC, 2018)

En la tabla número 4 se puede visualizar los factores por cargas especiales de acuerdo al potencial total que tengan cada uno, además se especifica la condición y los factores de demanda para ciertos casos

Tabla 4

Factores de demanda para cargas especiales según potencia total.

Condición	FD
1 carga	1.0
2+ cargas, CE <10kW	0.80
2+ cargas, 10kW < CE < 20kW	0.75
2+ cargas, CE > 20kW	0.65

Nota. Información tomada de (NEC, 2018)

1.3.3. Dimensionamiento y segregación de circuitos independientes

Los circuitos de iluminación, tomacorrientes y cargas especiales deben ser independientes, con conductores de fase, neutro y tierra exclusivos para cada uno, sin compartir neutros entre

circuitos o niveles (NEC, 2018). El dimensionamiento de los conductores debe asegurar que la corriente admisible I_c soporte al menos el 125 % de la corriente máxima de carga, como se expone en (1).

$$I_c = 1.25 * I_{carga} \quad (1)$$

Donde:

I_c : Corriente de calculo

1.25: Factor exigido para cargas

I_c : corriente que realmente demandan las cargas conectadas

Además, cada circuito requiere protección individual adecuada, acorde con el calibre de los conductores y la carga conectada como se expone en la siguiente tabla.

Como se observa en la tabla 5 se muestra los diferentes calibres conductores AGW que se puede utilizar para los circuitos que se ubica en residencias o instituciones además de la corriente máxima que puede soportar cada uno de ellos.

Tabla 5

Calibres de conductores y su protección

Circuito	Calibre mínimo conductor (AWG)	Corriente máxima protección (A)
Iluminación	14 (2.5 mm ²)	15
Tomacorrientes	12 (4.0 mm ²)	20
Cargas especiales	10 (5.26 mm ²)	30–40

Nota. Información tomada de (NEC, 2018)

1.3.4. Calibre mínimo de conductores

Para garantizar la capacidad eléctrica y la protección, se establece un calibre mínimo de conductores en viviendas residenciales: los circuitos de iluminación emplean cobre THHN de 2.5 mm² (14 AWG); los tomacorrientes utilizan cobre THHN de 4 mm² (12 AWG); las cargas especiales requieren cobre THHN de 5.26 mm² (10 AWG), expuesto en la Tabla 6. Para los alimentadores principales y sub alimentadores, el calibre recomendado es 6 AWG.

Tabla 6

Calibre mínimo recomendado para conductores en instalaciones residenciales.

Aplicación	Sección mínima (mm²)	Calibre AWG
Iluminación	2.5	14
Tomacorrientes	4.0	12
Cargas especiales	5.26	10
Alimentadores principales	13.3	6

Nota. Información tomada de (NEC, 2018)

1.3.5. Especificaciones para tuberías y canalizaciones

Para la conducción de cables se emplean canalizaciones de PVC, polietileno flexible o EMT, instaladas preferentemente empotradas o superficialmente según los requerimientos estructurales. El espacio ocupado por los conductores debe limitarse a un máximo del 40 % del área interna transversal de la canalización, con el objetivo de evitar el incremento térmico y facilitar la inserción. Los empalmes están estrictamente prohibidos dentro de las canalizaciones; deben realizarse exclusivamente en cajas de conexión o registros adecuadamente dimensionados y accesibles para tareas de mantenimiento (NEC, 2018).

1.3.6. Instalación y requisitos técnicos de tableros de distribución

Los cuadros de distribución deben instalarse en espacios secos y accesibles, fijados a una altura estándar de 1.60 metros desde el nivel del piso hasta su base. Cada cuadro debe contar con barras de neutro aisladas y barras de puesta a tierra separadas, garantizando la adecuada separación y protección de los circuitos eléctricos. Además, se requiere un esquema unifilar que detalle de forma precisa cada circuito y dispositivo de protección, conforme a la norma IEC 60617, para facilitar las labores de operación y mantenimiento (NEC, 2018).

1.3.7. Código de colores para conductores eléctricos

El esquema cromático para la identificación de cables eléctricos en sistemas residenciales define al conductor neutro con color blanco. La conexión a tierra se representa mediante verde o verde con banda amarilla, como se expone en la Tabla 7. Los conductores activos pueden adoptar tonos rojo, azul, negro, amarillo u otros distintos a los asignados para neutro y tierra. Esta

normativa es indispensable para garantizar la correcta diferenciación, protección y mantenimiento del sistema eléctrico (NEC, 2018).

Tabla 7

Código de colores para conductores eléctricos.

Tipo de conductor	Color
Neutro	Blanco
Tierra	Verde o verde-amarillo
Fase	Rojo, azul, negro, amarillo u otro color distinto a neutro y tierra

Nota. Información tomada de (NEC, 2018)

1.3.8. Sistema de puesto a tierra

El método de conexión a tierra sugerido para viviendas corresponde al esquema TN-C-S. En este sistema, el neutro del transformador se enlaza directamente a tierra por el suministrador, mientras que el usuario conecta las partes metálicas y equipos al conductor de tierra independiente. La sección del conductor de puesta a tierra debe ser igual o mayor que la del conductor activo, conforme a la ecuación 2.

$$S_{tierra} \geq S_{fase} \quad (2)$$

Donde:

S_{tierra} indica la sección transversal mínima del conductor

S_{fase} indica la sección del conductor activo.

La conexión se realiza mediante electrodos de acero revestidos en cobre, con un diámetro mínimo de 16 mm y longitud no inferior a 1.80 m. Esta configuración garantiza una resistencia adecuada para activar rápidamente los dispositivos de protección. La resistencia máxima permitida del electrodo debe ser inferior a 25 ohmios, asegurando un trayecto eficaz para la corriente de falla (NEC, 2018).

La Tabla 8 especifica las secciones mínimas recomendadas para los conductores de tierra según la corriente nominal de protección.

Tabla 8

Tamaño mínimo de conductores de puesta a tierra según corriente nominal de protección

Corriente nominal (A)	Sección mínima cobre (mm²)	Sección mínima aluminio (mm²)
15	2.08 (14 AWG)	—
20	3.31 (12 AWG)	—
30	5.26 (10 AWG)	—
40	5.26 (10 AWG)	—
60	5.26 (10 AWG)	—
100	8.37 (8 AWG)	13.3 (6 AWG)
200	13.3 (6 AWG)	21.2 (4 AWG)
300	21.2 (4 AWG)	33.6 (2 AWG)
400	33.6 (2 AWG)	42.4 (1 AWG)

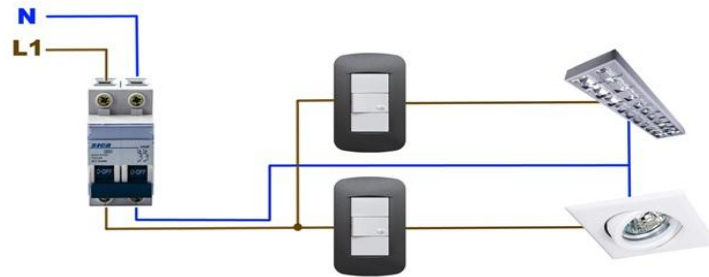
Nota. Información tomada de (NEC, 2018)

1.4. Sistema de iluminación

Los sistemas de iluminación que son diseñados correctamente logran proporcionar una visión clara además de satisfacer requerimientos estéticos, otro de los aspectos es que logra optimizar de forma adecuada la eficiencia energética y puede reducir de cierta forma los costos operativos. Estos son componentes que se elige cuidadosamente, y pueden trabajar en conjunto para poder brindar un nivel adecuado de iluminación para las actividades que se realizan cotidianamente dentro de un cuarto o sitio específico. Se pueden reducir los resplandores directos e indirectos de esta forma se puede crear un ambiente más confortable y que sea más productivo los elementos típicos de estos sistemas de iluminación se muestran.

Figura 10

Sistema de iluminación



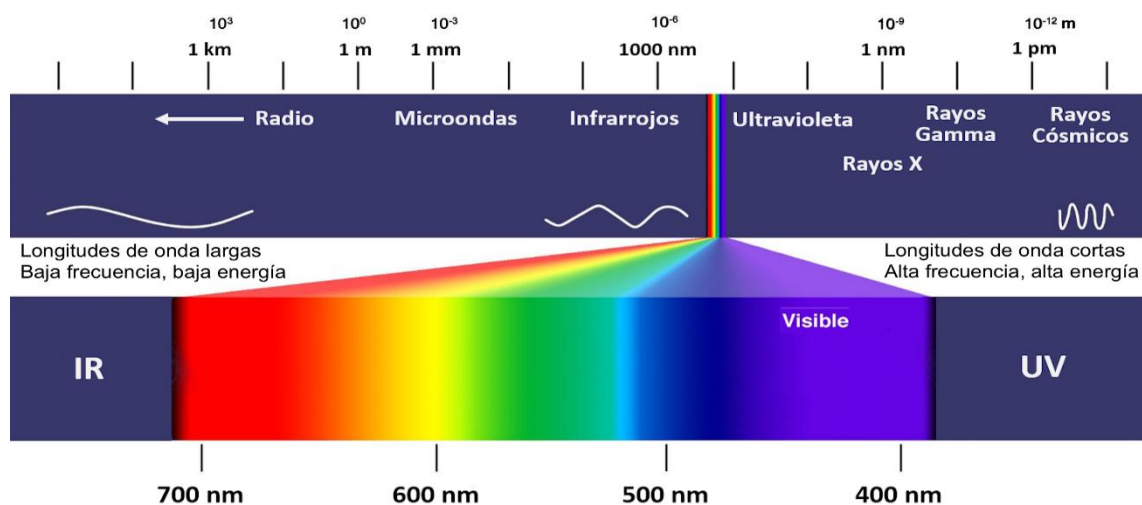
Nota: tomado de (Grlum, 2021)

1.4.1. Magnitudes fotométricas

La luminotecnia aborda el análisis especializado de métodos para la generación de iluminación artificial, incluyendo su regulación y aplicación técnica. La radiación visible, componente del espectro electromagnético, estimula la percepción visual humana mediante longitudes de onda comprendidas entre 400 y 750 nanómetros, que abarcan desde el violeta hasta el rojo, excluyendo otras frecuencias electromagnéticas. Dentro de esta disciplina, los principios clave incluyen:

Figura 11

Espectro de luz



Nota. Información tomada de (Formaci & Tecn, 2021)

Intensidad luminosa

El cociente entre el flujo luminoso y el ángulo sólido en una dirección específica define la intensidad luminosa. Esta se expresa en candelas (cd), unidad derivada de la vela romana de cera, utilizada históricamente como patrón en el Sistema Internacional de Unidades (SI). Este parámetro resulta fundamental en fotometría, ya que mide la concentración de radiación luminosa emitida en un ángulo determinado (Tabla 9). Asimismo, permite evaluar el desempeño lumínico y comparar técnicamente distintos dispositivos de iluminación según su capacidad y alcance (Díaz, 2020).

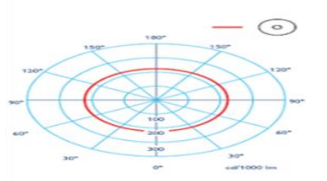
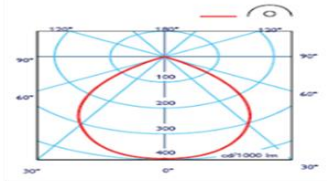
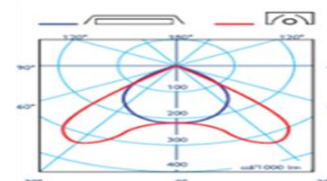
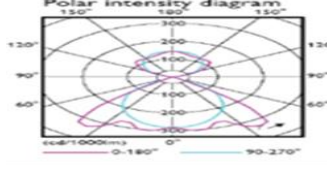
Flujo luminoso

En el campo de la luminotecnia, el flujo luminoso representa la cantidad total de radiación visible emitida por una fuente en un segundo, distribuida en todas las direcciones como se expone en la Figura 12. Su unidad de medida en el Sistema Internacional es el lumen (lm), derivado del término latino «lūminare», que significa «producir luz». Este parámetro es esencial para cuantificar el desempeño energético de una fuente luminosa, ofreciendo datos precisos sobre la cantidad efectiva de luz generada y optimizando la selección de dispositivos adecuados a las especificaciones técnicas de cada aplicación (Gómez & Ayala, 2021)

Como se observa en la Tabla 9 se muestran ciertas características que existen en la intensidad lumínica y la distribución que tiene cada una de ellas respecto a un punto en específico

Tabla 9

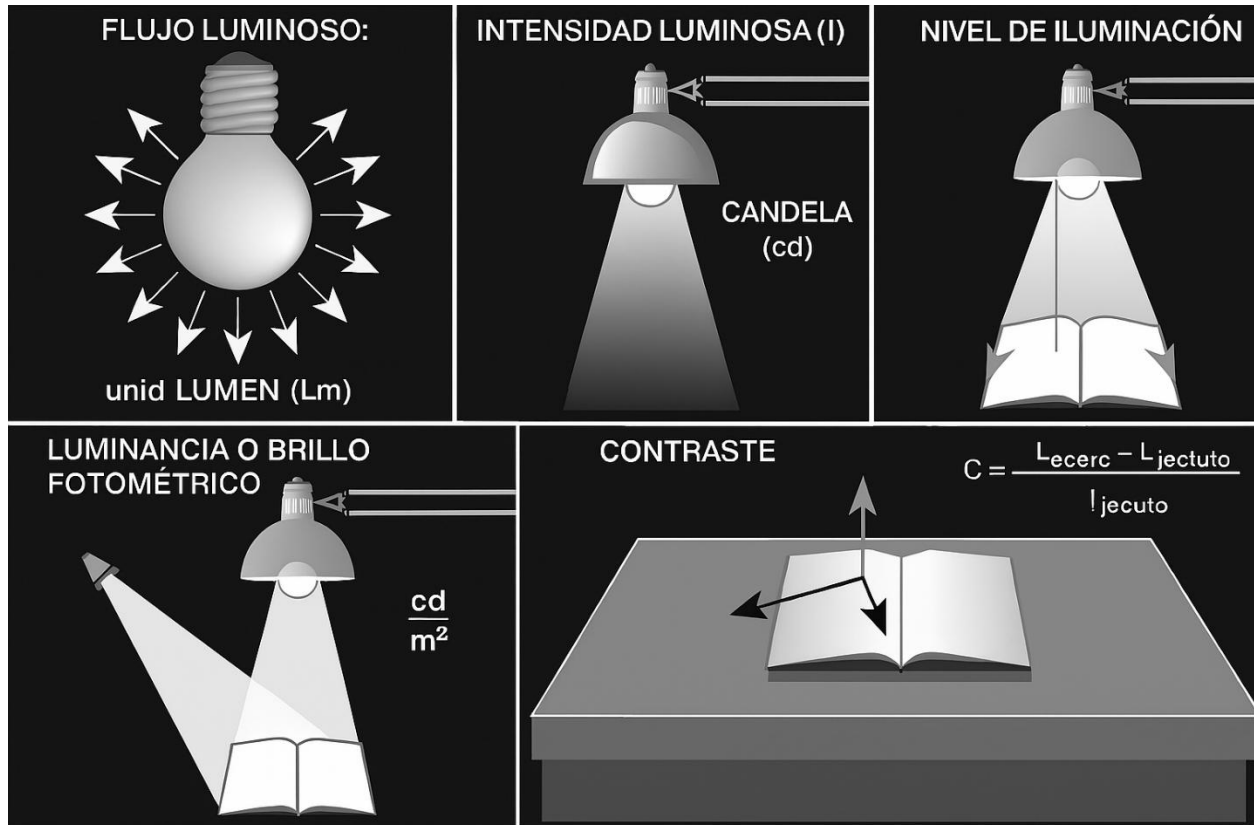
Caracterización de intensidad lumínica

Intensidad lumínica	Distribucion simétrica
Alrededor de un punto	
Alrededor de una línea	
Alrededor de dos ejes perpendiculares	
Alrededor de un eje no principal	

Nota. Información tomada de (Coimbra, 2020)

Figura 12

Ilustración de flujo lumínico



Nota. Información tomada de (Coimbra, 2020)

Eficacia luminosa

El cociente entre el flujo luminoso generado por un dispositivo y la potencia eléctrica requerida para su operación define la eficiencia luminosa (véase Figura 13). Esta magnitud indica la cantidad de radiación visible emitida por unidad de energía consumida. Expresada en lúmenes por vatio (lm/W), cuantifica la capacidad del equipo para convertir energía eléctrica en luz útil, optimizando el consumo energético y reduciendo el impacto ambiental. La evaluación de diferentes fuentes mediante este parámetro permite identificar aquellas con mayor rendimiento lumínico por unidad energética, promoviendo la adopción de soluciones más sostenibles y costo-efectivas a largo plazo (Fernandez, 2020).

Figura 13

Eficiencia lumínica



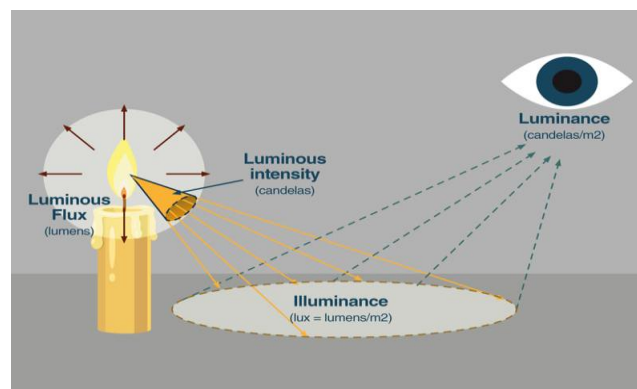
Nota. Información tomada de (Coimbra, 2020)

Iluminancia

El cociente entre el flujo luminoso recibido y la superficie unitaria sobre la cual incide define la iluminancia (Figura 14). Esta magnitud se expresa en lux (lx), unidad derivada del término latino «lux», que significa luz. Cuantifica la concentración de radiación visible sobre una superficie específica, evaluando la intensidad lumínica en dicho punto. Dada su relación directa con el confort visual y la funcionalidad del espacio, su análisis es esencial para el diseño y dimensionamiento de sistemas lumínicos, asegurando ambientes adecuados para actividades laborales y recreativas (Fernandez, 2020).

Figura 14

Iluminancia



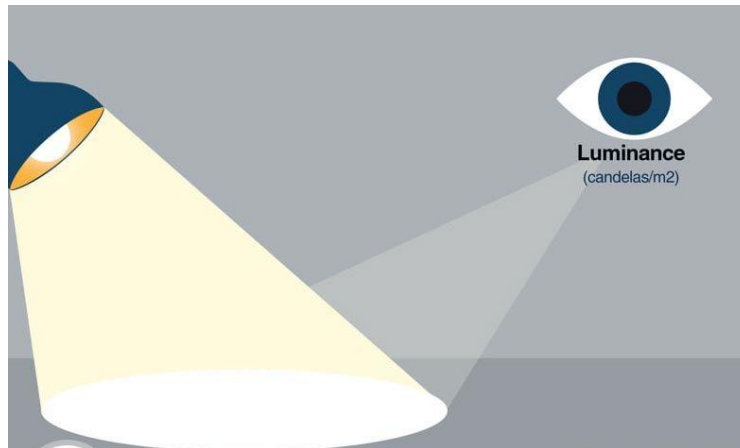
Nota. Información tomada de (Coimbra, 2020)

Luminancia

La densidad de intensidad luminosa reflejada en una dirección determinada representa la cantidad de radiación visible percibida por el sistema visual humano al observar una superficie desde un ángulo específico. Expresada en candelas por metro cuadrado (cd/m^2), esta magnitud cuantifica la capacidad de reflexión de una superficie sobre la radiación luminosa incidente. Resulta fundamental en áreas como el diseño ambiental, la arquitectura técnica y la ingeniería eléctrica. Su uso abarca el cálculo de iluminancias y la simulación de percepciones visuales (Fernandez, 2020).

Figura 15

Luminancia



Nota. Información tomada de (Coimbra, 2020)

Índice de rendimiento de color

El indicador evalúa la capacidad de una fuente lumínica para replicar con precisión las tonalidades cromáticas en comparación con la iluminación natural. Esta métrica cuantifica la exactitud en la representación de diversos colores respecto a una referencia estándar o luz diurna. El valor del índice de reproducción cromática (IRC) oscila entre 0 y 100; puntuaciones próximas a 0 indican una distorsión notable en la percepción cromática, mientras que cifras cercanas a 100 representan una reproducción fiel y precisa. En consecuencia, un IRC elevado se asocia con un desempeño superior en la presentación de colores variados (Valdez , Delgado , Rodriguez , & Hernandez, 2023)

Figura 16

IRC



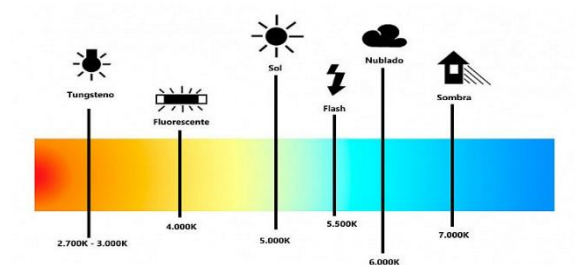
Nota. Información tomada de (Coimbra, 2020)

Temperatura de color

La característica que define la tonalidad visual emitida por un dispositivo luminoso se cuantifica mediante la escala Kelvin ($^{\circ}\text{K}$). Esta propiedad permite categorizar las tonalidades producidas por un emisor lumínico (véase Figura 17). Así, se identifica si la iluminación corresponde a un espectro cálido, neutro o frío, impactando directamente en la interpretación ambiental. Los espectros cálidos se ubican en valores bajos, cercanos a 3000°K , mientras que los espectros fríos alcanzan niveles elevados, alrededor de 5000°K . Esta variable es clave para comprender tanto el comportamiento térmico como la percepción visual generada por el sistema de iluminación (Kommerling, 2020).

Figura 17

Temperatura de color



Nota. Información tomada de (Coimbra, 2020)

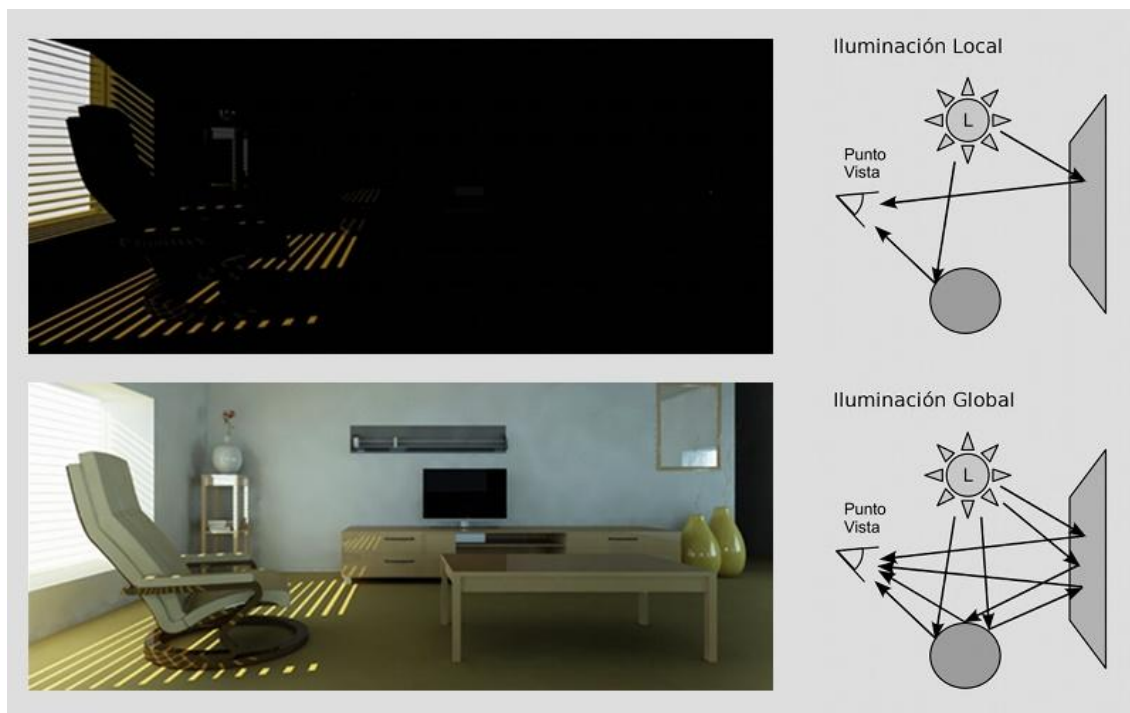
1.5. Alumbrado en interiores

La iluminación en ambientes interiores se segmenta en dos tipos esenciales: iluminación puntual y general. La iluminación puntual satisface necesidades específicas de luminancia para actividades determinadas en ubicaciones concretas. Por otro lado, la iluminación general abarca la iluminación de áreas residuales no cubiertas explícitamente. La asignación de niveles lumínicos diferenciados por sector se denomina iluminación zonal, constituyendo una solución con mayor eficiencia económica (Kommerling, 2020).

Una vez establecido el nivel lumínico óptimo, resulta fundamental posicionar correctamente los dispositivos de iluminación para minimizar deslumbramientos directos y reflejados, así como eliminar sombras no deseadas. Este procedimiento implica considerar parámetros como dimensiones, coeficientes de reflexión, alcance efectivo y contraste con el entorno, junto con un análisis riguroso de los objetos relevantes para la actividad visual específica (García, 2020).

Figura 18

Iluminación global y local.



Nota. Información tomada de (Coimbra, 2020)

1.5.1. Esquema para el cómputo de lúmenes

Este procedimiento se enfoca exclusivamente en la evaluación de iluminación en espacios interiores. Utiliza el concepto de iluminancia, considerando los datos iniciales de flujo luminoso suministrados por el fabricante para cada dispositivo emisor. Además, integra un inventario cuantitativo de las instalaciones y la superficie correspondiente, expresada en metros cuadrados. El resultado se obtiene mediante la división del flujo luminoso entre el área, generando valores en lux (Castilla et al., 2021).

$$E = \frac{\phi_e}{S} \quad (3)$$

Donde:

- E representa la densidad de flujo luminoso incidente en lux.
- S : La superficie analizada (m^2).
- ϕ_e denota el flujo emitido por cada luminaria, medido en lúmenes.

Es importante destacar que los valores teóricos de E pueden diferir de las mediciones reales, debido a pérdidas por absorción óptica, acumulación de partículas en los emisores y degradación por el tiempo de uso de las fuentes lumínicas (Castilla et al., 2017).

1.5.2. Estimación de flujo luminoso requerido

Este parámetro resulta esencial para definir el sistema lumínico óptimo en un área específica. Su valor depende de variables como la tipología de la fuente luminosa y el emplazamiento. La fórmula (2) indica el método para calcular el flujo luminoso requerido en un espacio determinado (Castilla et al., 2017b).

$$\phi_T = \frac{E_m * S}{C_u * C_m} \quad (4)$$

Donde:

Φ_T : el flujo total,

S : superficie para iluminar,

E_m : nivel promedio de iluminancia definido en lux,

C_u : coeficiente de utilización relacionado con las propiedades del emisor y la superficie,

C_m : coeficiente de mantenimiento que refleja la degradación lumínica con el tiempo.

Este cálculo proporciona el flujo en lúmenes necesario para satisfacer los requisitos lumínicos.

Para establecer condiciones lumínicas adecuadas, se deben analizar otros factores, tales como las dimensiones del recinto (longitud, ancho y altura), que permiten el cálculo de la superficie total. También se evalúa el plano de referencia para la medición de iluminancia, generalmente la altura operativa. Por ende, la estimación y selección del flujo deben integrar todas estas variables.

La elección del equipo lumínico se fundamenta en parámetros específicos relacionados con las características del entorno a iluminar (Cabanés & Arquitectónicas, 2021). Entre estos se consideran:

Distribución y forma del patrón luminoso, evaluando la geometría y configuración del recinto, así como el patrón lumínico deseado.

Rendimiento fotométrico del conjunto fuente-dispositivo, valorando la eficiencia del sistema completo.

Factores adicionales, tales como aspectos estéticos, consumo energético, mantenimiento y presupuesto disponible.

Respecto a la selección de la fuente luminosa, se consideran criterios técnicos durante el diseño, incluyendo temperatura de color, índice de reproducción cromática y tecnología empleada, los cuales impactan en la eficiencia energética y la vida útil del sistema.

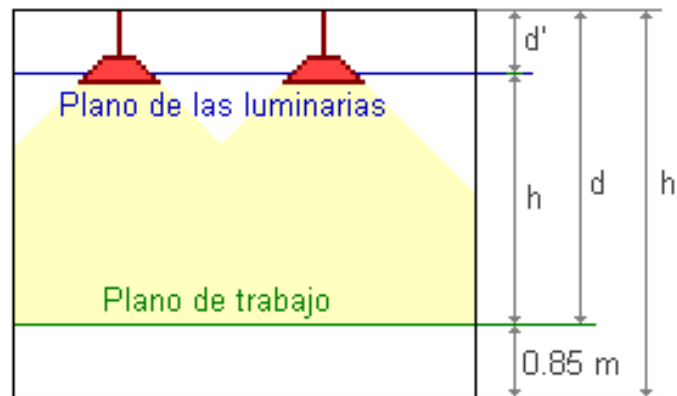
Se valoran también aspectos operativos, como la complejidad de instalación y mantenimiento, que influyen en los costos y la operatividad a largo plazo. La dimensión estética constituye un aspecto relevante, especialmente en proyectos con exigencias arquitectónicas y visuales elevadas (Castillo, 2024)

1.5.3. Distancia de elevación de una luminaria

La definición de la altura óptima para la suspensión de una fuente luminosa requiere el análisis de diversos parámetros. Estos se relacionan directamente con las características geométricas del área a iluminar, como se ejemplifica en la Figura 20.

Figura 19

Altura de montaje de fuente luminosa.



Nota. Información tomada de (Coimbra, 2020)

Para un diseño lumínico adecuado, se evalúan distintas cotas relevantes. La distancia entre el plano de instalación de los dispositivos emisores y la cubierta superior (d') indica la separación entre las fuentes y la superficie superior del recinto. La cota entre el plano funcional y la cubierta (h') determina la separación entre la superficie de trabajo y la parte superior del espacio. La altura total del recinto (h) abarca la distancia desde el nivel del piso hasta la cubierta. Finalmente, la distancia entre el plano funcional y el plano de instalación (d) define la separación entre la superficie activa y las fuentes luminosas.

Tabla 10*Cálculo de altura de montaje según categoría del recinto.*

Tipo de Local	Altura de luminaria
Locales con altura normal (aulas, viviendas, oficinas, entre otras)	Lo más pronto posible.
Locales con iluminación directa, semidirecta y difusa	Mínimo: $h = \frac{2}{3}(h - 0.85)$ Máximo: $h = \frac{4}{5}(h - 0.85)$
Locales con iluminación indirecta	$d = \frac{1}{4}(h - 0.85)$ $h = \frac{3}{4}(h - 0.85)$

Nota. Información tomada de (Coimbra, 2020)

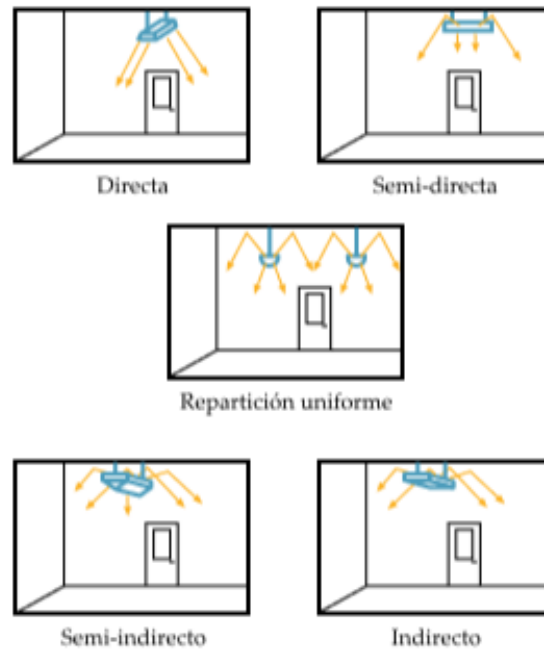
La precisión en la medición de estas dimensiones es indispensable para establecer la altura de montaje óptima, la cual depende de la categoría del espacio. La correcta evaluación de estos factores permite un diseño eficiente y un desempeño lumínico adecuado.

1.5.3.1. Iluminación directa

Esta modalidad lumínica focaliza el haz de luz directamente sobre la superficie objetivo, concentrando aproximadamente entre el 90 % y el 100 % de la radiación luminosa en esa área. Esta particularidad produce sombras definidas y, como consecuencia, eleva la probabilidad de deslumbramiento. Por ello, al aplicar este sistema, es imprescindible considerar estos efectos negativos que pueden ocasionar incomodidad visual (Figura 20).

Figura 20

Tipos de iluminación



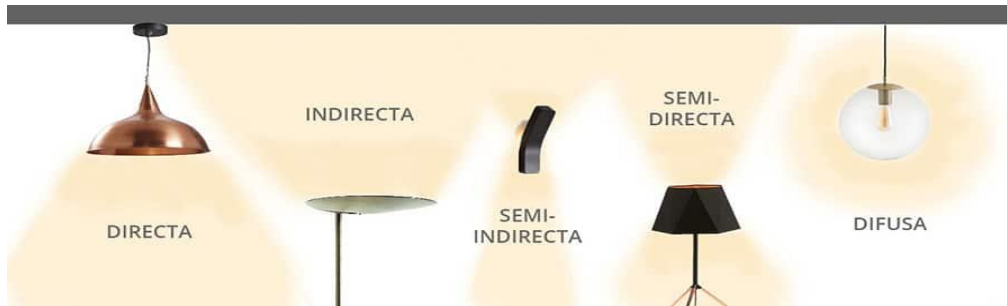
Nota. Información tomada de (Coimbra, 2020)

1.5.3.2. Iluminación semidirecta

Este sistema lumínico se distingue porque solo entre el 10 % y el 40 % del flujo luminoso impacta de forma directa sobre la zona a iluminar. La radiación visible incide primero en superficies reflectantes como techos y muros antes de alcanzar el área objetivo. En consecuencia, la mayoría de la superficie recibe iluminación difusa, produciendo una distribución homogénea y suavizada. Además, se atenúan las sombras y se reduce el riesgo de deslumbramiento, contribuyendo a un entorno visual más cómodo.

Figura 21

Tipos de iluminación



Nota. Información tomada de (Coimbra, 2020)

1.5.3.3. Iluminación difusa

Este sistema lumínico distribuye el flujo luminoso en dos trayectorias: una hacia la cubierta y otra hacia la superficie activa. Entre el 40 % y el 60 % de la radiación visible se dirige a la cubierta, donde se refleja para mitigar sombras y ampliar el área iluminada. El restante porcentaje impacta directamente la zona de trabajo. De esta forma, se combinan las propiedades de iluminación directa e indirecta, produciendo una iluminación homogénea y libre de deslumbramientos.

1.5.3.4. Iluminación semi indirecta

Este método distribuye el flujo luminoso en dos fracciones diferenciadas. Entre el 10 % y el 40 % impacta directamente la superficie objetivo, mientras que el resto se refleja previamente en la cubierta antes de alcanzar el área iluminada. Esta técnica exhibe un rendimiento lumínico menor en comparación con otros sistemas. Para maximizar su eficacia, se recomienda aplicar acabados claros en paredes y techos, facilitando la reflexión y optimizando la uniformidad lumínica del espacio.

1.5.3.5. Iluminación indirecta

Este método concentra entre el 90 % y el 100 % del flujo luminoso hacia la superficie reflejante superior, desde donde se dispersa hacia la zona objetivo. Al no incidir la radiación visible de forma directa sobre el área, se requiere emplear fuentes con alta eficiencia fotométrica para alcanzar niveles óptimos de iluminancia. Aunque presenta costos superiores a otros sistemas,

proporciona una calidad lumínica superior. La radiación reflejada genera una distribución uniforme y libre de contrastes agudos, favoreciendo el confort visual.

1.5.4. Determinación de la constante de utilización

La proporción entre el flujo luminoso incidente en el plano de trabajo y el total emitido por el sistema de iluminación representa el coeficiente de utilización. Este indicador integra variables como la eficiencia fotométrica, el patrón de distribución lumínica, la altura de instalación, las dimensiones del recinto y la reflectancia superficial de paredes, techos y pisos. Debido a las reflexiones múltiples dentro del espacio, la radiación luminosa puede atravesar varias veces el plano considerado, lo que puede ocasionar que este coeficiente supere la unidad en ciertos casos.

Adicionalmente, en recintos con alturas elevadas y dimensiones reducidas, la absorción por las superficies laterales incrementa, reduciendo el coeficiente de utilización. Este comportamiento se modela mediante la relación de cavidad local (RCL), expresada en la ecuación (5). Por consiguiente, este coeficiente constituye un parámetro esencial para evaluar la eficiencia lumínica del sistema.

$$CU = \frac{5H(m + n)}{(m \cdot n)} \quad (5)$$

Donde:

H: la fuente lumínica

M: longitud

N: ancho

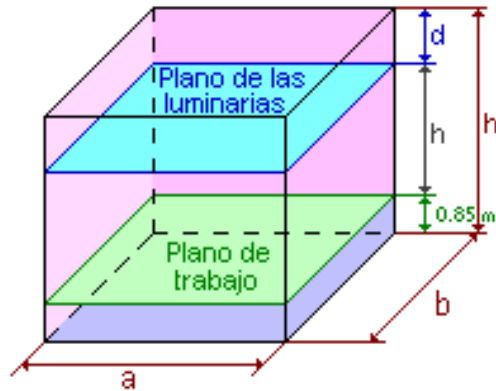
CU: coeficiente de utilización

1.5.5. Estimación del índice de local

El índice, denotado como k , depende directamente de la configuración geométrica del área a iluminar. Se obtiene mediante una fórmula específica que incorpora las dimensiones espaciales del recinto. Por ende, cada área posee un valor particular de k basado en sus características físicas. La exactitud en el cálculo de este parámetro es esencial para el diseño óptimo del sistema lumínico, ya que influye en la distribución y eficiencia de la energía luminosa.

Figura 22

Esquemas del área a iluminar



Nota. Información tomada de (Reinoso & Fuscal, 2020)

Tabla 11

Cálculo estimado del índice de local k .

Sistema de iluminación	Índice de local
Iluminación directa, directa indirecta, general difusa y semidirecta	$k = \frac{a * b}{h * (a + b)}$
Iluminación indirecta y semi directa	$k = \frac{3 * a * b}{2 * (h + 0.85) * (a + b)}$

Nota. Información tomada de Coimbra, 2020

1.5.6. Determinación de las constantes de reflexión

El coeficiente de reflexión depende de múltiples variables vinculadas a las características del recinto a iluminar. Entre ellas, destaca el tipo de material empleado en las superficies del espacio. Asimismo, la textura y acabado de paredes, techos y pisos afectan este parámetro. La tonalidad dominante en la zona también incide en su valor. Estos coeficientes se encuentran comúnmente tabulados y disponibles para consulta técnica (Tabla 12).

Tabla 12*Factor de reflexión según características superficiales.*

Atributo	Color	Factor de reflexión(p)
Techo	Blanco o muy claro	0.7
	Claro	0.5
	Medio	0.3
Paredes	Claro	0.5
	Medio	0.3
	Oscuro	0.1
Suelo	Claro	0.3
	Oscuro	0.1

Nota. Información tomada de (Coimbra, 2020)

El índice de habitación, simbolizado como k , corresponde a un valor numérico comprendido entre 1 y 10. Aunque algunos cálculos pueden arrojar resultados superiores a 10, estos no se consideran debido a que su impacto es despreciable. Por esta razón, se establece un límite superior en 10 para simplificar el análisis y preservar la precisión requerida. Por consiguiente, es necesario adaptar los valores calculados a este rango durante el proceso de diseño lumínico.

1.5.7. Estimación del factor de utilización

La estimación del coeficiente de utilización (η) depende de dos parámetros fundamentales: el índice de recinto y el coeficiente de reflexión superficial. Estos valores son suministrados generalmente por el fabricante de las fuentes luminosas, presentados en tablas o gráficos, como se evidencia en la Tabla 13.

Tabla 13

Coefficiente de utilización.

Tipo de aparato de alumbrado	Índice de local(k)	Factor de utilización (η)								
		Factor de reflexión del techo								
		0.7			0.5			0.3		
		Factor de reflexión de las paredes								
		0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1
 	1	0.28	0.22	0.16	0.25	0.22	0.15	0.26	0.22	0.16
	1.2	0.31	0.27	0.2	0.3	0.27	0.2	0.3	0.27	0.2
	1.5	0.39	0.33	0.26	0.36	0.33	0.26	0.36	0.33	0.26
	2	0.45	0.4	0.35	0.44	0.4	0.35	0.44	0.4	0.35
	2.5	0.52	0.46	0.41	0.49	0.46	0.41	0.49	0.46	0.41
	3	0.54	0.5	0.45	0.53	0.5	0.45	0.53	0.5	0.45
	4	0.61	0.56	0.52	0.63	0.58	0.52	0.63	0.58	0.52
	5	0.63	0.6	0.56	0.63	0.6	0.56	0.62	0.6	0.56
	6	0.68	0.63	0.6	0.66	0.63	0.6	0.65	0.63	0.6
	8	0.71	0.67	0.64	0.69	0.67	0.64	0.68	0.67	0.64
10	0.72	0.7	0.67	0.71	0.7	0.67	0.71	0.7	0.67	

Nota. Información tomada de (Coimbra, 2020)

1.5.8. Cálculo del coeficiente de mantenimiento

El coeficiente de mantenimiento (fm) se determina en función de dos factores principales: el grado de contaminación ambiental del espacio y la frecuencia de limpieza realizada. Para intervenciones anuales, se emplean los valores indicados en la Tabla 14. Estos parámetros consideran la degradación progresiva de los componentes lumínicos, tales como luminarias y superficies reflectantes, causada por la acumulación de partículas y suciedad. Por consiguiente, el coeficiente de mantenimiento es vital en el diseño lumínico, compensando la reducción gradual del flujo luminoso y asegurando la preservación de la iluminancia durante el periodo operativo previsto.

Tabla 14

Coefficiente de mantenimiento.

Ambiente	Factor de mantenimiento
Limpio	0.8
Sucio	0.6

Nota. Información tomada de (Coimbra, 2020)

1.5.9. Determinación del número de unidades lumínicas

La estimación de la cantidad requerida de dispositivos emisores en un recinto se realiza mediante la Ecuación (6). Esta expresión calcula el mínimo número necesario, incorporando varios

parámetros. En primer lugar, se debe conocer el flujo luminoso total (ϕ_T) indispensable para una correcta iluminación del área. También es fundamental considerar el flujo emitido por cada fuente luminosa (ϕ_L), propio de cada tecnología. Además, se tiene en cuenta la cantidad de fuentes por unidad emisora (n), dado que algunas luminarias contienen múltiples emisores. Con estos valores, se emplea la ecuación (6), donde: N indica la cantidad mínima de unidades lumínicas. El valor resultante se redondea hacia arriba para garantizar niveles adecuados de iluminancia. Por ende, una estimación precisa de esta cantidad es crucial para asegurar condiciones lumínicas óptimas, maximizando la eficiencia energética y el uso racional de recursos.

$$N = \frac{\phi_T}{n * \phi_L} \quad (6)$$

1.5.10. Distribución de unidades lumínicas en espacios interiores

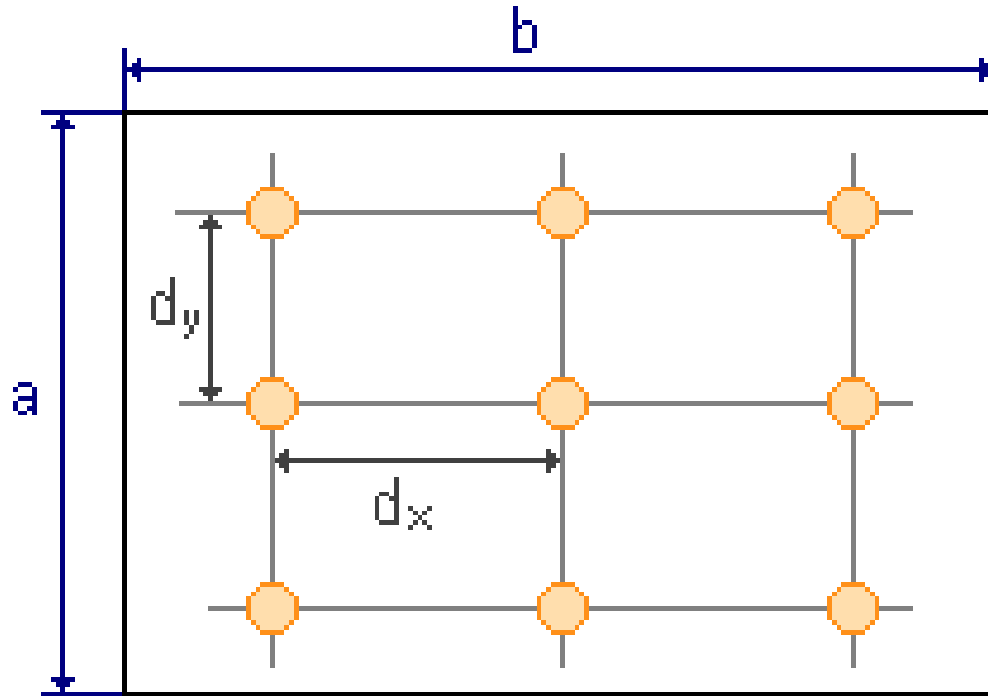
Tras calcular la cantidad mínima de unidades emisoras, resulta imprescindible su correcta disposición sobre la superficie a iluminar. Para ello, se emplean las ecuaciones (7) y (8), ejemplificadas en la Figura 23.

$$N_{ancho} = \sqrt{\frac{N_{total}}{b} * a} \quad (7)$$

$$N_{largo} = N_{ancho} * \left(\frac{b}{a}\right) \quad (8)$$

Figura 23

Disposición de unidades lumínicas.



Nota. Información tomada de (Formaci & Tecn, 2021)

La determinación y ubicación óptima de estos dispositivos constituyen elementos esenciales para el diseño eficiente y funcional de sistemas lumínicos.

Donde:

- N : el número mínimo requerido (N)
- (ΦT) : el flujo luminoso total
- (ΦL) : flujo por emisor
- N : cantidad de emisores por unidad

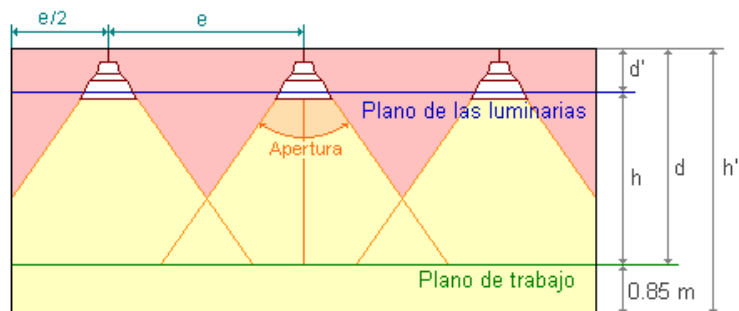
Este procedimiento garantiza una iluminación homogénea, evitando zonas con exceso o déficit lumínico que podrían afectar el confort visual y la funcionalidad del recinto. Por ende, la precisión en este cálculo es crucial para alcanzar niveles lumínicos adecuados, maximizando la eficiencia energética y el aprovechamiento de recursos.

La máxima separación permitida entre fuentes depende principalmente de dos factores. Primero, el ángulo de apertura del haz lumínico emitido; ángulos más amplios permiten mayores

distancias sin comprometer la uniformidad. Segundo, la altura de instalación respecto al plano funcional; alturas mayores requieren menor separación para evitar áreas con iluminación insuficiente. Esta relación se ilustra en la Figura 24.

Figura 24

Separación entre fuentes lumínicas.



Nota. Información tomada de (Formaci & Tecn, 2021)

Se observa que un aumento en el ángulo del haz conlleva mayor altura de instalación y una superficie iluminada más amplia. Sin embargo, la iluminancia en el plano activo disminuye según la ley inversa del cuadrado. Además, las unidades próximas a muros deben colocarse a la mitad de la distancia estándar para asegurar iluminación adecuada.

Tabla 15

Distancias recomendadas entre dispositivos lumínicos

Tipo de luminaria	Altura del local	Distancia máxima entre luminarias
Intensiva	>10m	$e \leq 1.2h$
Extensiva	6-10m	$e \leq 1.5h$
Semi extensiva	4-6	$e \leq 1.6h$
Extensiva	≤ 4	
Distancia pared - luminaria		$\frac{e}{2}$

Nota. Información tomada de (Formaci & Tecn, 2021)

Herramientas computacionales como Dialux permiten la simulación y cálculo de parámetros lumínicos a partir de datos básicos, facilitando el diseño óptimo.

1.5.11. Verificación de niveles lumínicos

La evaluación del desempeño lumínico en un sistema constituye una etapa esencial para garantizar el cumplimiento normativo. Esta consiste en validar que la iluminancia promedio obtenida corresponda a los valores estipulados por los estándares vigentes. Para ello, se aplica la fórmula (9), que calcula el nivel medio de iluminación y permite compararlo con las especificaciones técnicas.

$$E_m = \frac{nl * \phi_L * fu * f_m}{S} \quad (9)$$

Donde:

E_m representa la iluminancia promedio en lux.

nl es la cantidad total de fuentes lumínicas instaladas.

ϕ_L indica el flujo luminoso generado por cada emisor, en lúmenes.

fu corresponde al coeficiente de utilización, reflejando la eficiencia en la distribución lumínica.

f_m denota el coeficiente de mantenimiento, que considera la pérdida de rendimiento con el tiempo.

S designa la superficie a iluminar, expresada en metros cuadrados.

Esta expresión integra los factores mencionados para determinar el nivel promedio de iluminancia sobre un área específica. La comparación de este valor con los criterios establecidos asegura la conformidad técnica y la calidad visual requerida en el diseño lumínico.

1.5.12. Estándares de niveles lumínicos según UNE-EN 12464-1:2011

Las regulaciones especifican valores lumínicos según las funciones ejecutadas en sectores industriales y comerciales. A continuación, se presentan cuadros con recomendaciones emitidas por fabricantes líderes como Philips y Westinghouse, referentes en tecnología lumínica. Estos esquemas proporcionan parámetros para definir niveles lumínicos óptimos en diversas tareas y entornos laborales.

Tabla 16*Recomendaciones lumínicas para oficinas.*

Lugar	Nivel de iluminación recomendado[1x]
Oficinas normales, mecanografiado y salas de proceso de datos	500
Oficinas generales extensas	750
Salas de dibujo	750
Salas de conferencia	500

Nota. Información tomada de (Formaci & Tecn, 2021)**Tabla 17***Recomendaciones lumínicas para plantas industriales*

Lugar	Nivel de iluminación recomendado[1x]
Zonas generales del interior de la planta	300
Procesos automatizados	150
Zonas de control y laboratorios	500
Inspección	750

Nota. Información tomada de (Formaci & Tecn, 2021)**1.6. Protección malla a tierra**

Las mallas puestas a tierra son un conjunto de conductores desnudos que generalmente son de cobre esto permite que se conecten los equipos que componen alguna instalación a un medio de referencia en este caso puesto en tierra, como se observa en la figura 25 el sistema puesto a tierra protege a todos los equipos de una residencia.

Figura 25

Protecciones contra descargas eléctricas



Nota: tomado de (Cango & Pichocagon,2021)

Estas protecciones están constituidas generalmente por 3 componentes cada uno con un tipo de resistencia eléctrica que son:

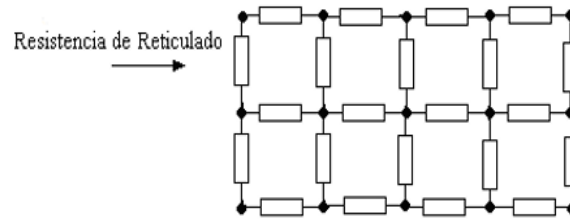
- Una resistencia del conductor que conecta los equipos a la malla de tierra
- La resistencia de contacto que existe en medio de la malla y el terreno
- Una resistencia de terreno donde se ubica la malla

Otra de las características es que puede estar formado por diferentes elementos

- Puede tener una o más barras enterradas
- Generalmente los conductores están desnudos instalados de forma horizontal que se encuentran formando diversas configuraciones.
- Un reticulado que se encuentra instalado en forma horizontal puede tener o no barras conectadas de forma vertical en algunos puntos (Cango & Pichocagon, 2020).

Figura 26

Esquema general de puesto a tierra



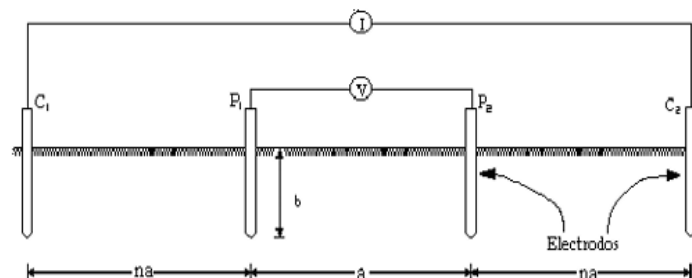
Nota: tomado de (Cango & Pichocagon,2021)

Las barras verticales que se utilizan para construir las mallas de Tierra reciben el nombre de barras copperweld, y están construidas con un alma de acero que se encuentra revestido con cobre por medio de procesos de galvanoplastia, con un mínimo de 6 mm de revestimiento de cobre. El valor de la resistencia que se coloca en la malla va a depender de la resistividad del terreno.

Uno de los métodos más utilizados es el método de Schlumberger que consiste en una modificación del método de Wenner, en la que se emplean cuatro electrodos, pero en este caso la separación que llega a existir entre los electrodos centrales o de potencia, pueden ser picadas en las cuales se logra mantener constantes y las mediciones se pueden realizar variando la distancia de los electrodos exteriores a partir de los interiores

Figura 27

Aplicación del método Wenner



Nota: tomado de (Cango & Pichocagon,2021)

Los siguientes datos técnicos deben considerarse como parámetros al momento de diseñar una malla a Tierra, para diferentes aplicaciones cómo se describe en la siguiente tabla.

Tabla 18

Parámetros de diseño de malla a tierra

Parámetro	Descripción	Valor típico
ρ (rho)	Resistividad del suelo	10–1000 $\Omega \cdot m$ (depende del tipo de suelo)
I	Corriente de falla esperada	1–10 kA en instalaciones escolares
t	Tiempo de despeje de falla	0.1–1 seg
Ep	Potencial de paso seguro	50–100 V
Ec	Potencial de contacto seguro	25–50 V

Nota: tomado de (Villa & Inga,2021)

La elaboración de una mayor puesta a Tierra involucra la utilización de diferentes materiales como conductores, pero entre los que más se destacan son el cobre, el acero galvanizado, y el aluminio que poseen las siguientes características que se describen en la tabla.

Tabla 19

Materiales

Material	Resistividad ($\Omega \cdot mm^2/m$)	Vida útil estimada	Observaciones
Cobre	0.017	>30 años	Alta conductividad
Acero galvanizado	0.14	10–20 años	Bajo costo, pero más corrosión
Aluminio	0.028	10–15 años	Solo en ambientes no corrosivos

Nota: tomado de (Villa & Inga,2021)

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA Y DISEÑO DEL PROYECTO TECNICO

2.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación aplicado en este proyecto es de carácter cuantitativo y aplicado, porque se basa en la recopilación, análisis y procesamiento de datos medibles como niveles de iluminación, carga instalada, consumo de energía, calibre de conductores, entre otros. Esta información se obtiene mediante instrumentos de medición y herramientas de cálculo eléctrico.

Es una investigación aplicada porque se orienta a la solución de un problema real y específico de la deficiencia en el sistema eléctrico de la Escuela Enriqueta de Wind cuya finalidad es desarrollar un rediseño e implementación que contribuya a mejorar la seguridad, eficiencia y funcionalidad del sistema eléctrico en un entorno educativo.

2.2. Diseño Metodológico

El diseño de la investigación es de tipo descriptivo experimental, se considera descriptivo porque permite caracterizar el estado actual del sistema eléctrico en las aulas seleccionadas mediante un diagnóstico técnico. Se describe la situación existente, identificando fallencias como empalmes defectuosos, conductores sulfatados, luminarias insuficientes, entre otros.

Es experimental porque una vez establecido el diagnóstico se procede al rediseño, ejecución e implementación de mejoras técnicas en base a normas vigentes (NEC). Se realizan cálculos eléctricos, simulaciones, selección de materiales y finalmente pruebas funcionales y validación del sistema implementado.

2.3. Metodología del proyecto

El presente proyecto aplica metodología de tipo cuantitativa y descriptiva con enfoque técnico y práctico, se siguieron las siguientes etapas:

1. Diagnóstico Técnico: Inspección visual de las aulas seleccionadas, medición del estado de los componentes eléctricos, verificación del nivel de iluminación y análisis de condiciones de seguridad.

2. Recolección de datos: Mediante instrumentos de medición (multímetro, luxómetro y telurómetro) se determinó el estado real del sistema eléctrico, niveles de iluminación y estado de la puesta a tierra.
3. Diseño del sistema eléctrico: basado en normas NEC (Norma Ecuatoriana de la construcción) y UNE -EN 1246-1, se elaboró un diseño técnico con planos, cálculos de carga, caída de tensión, selección de conductores, protecciones y configuración de puesta a tierra.
4. Simulación lumínica: se utilizaron herramientas como DIALUX para validar el cumplimiento de los niveles mínimos de iluminación exigidos.
5. Validación normativa: Todo el diseño fue verificado según requisitos técnicos establecidos por la normativa ecuatoriana vigente (NEC, ARCONEL, INEN).
6. Documentación y presentación: Se consolidaron los cálculos, planos y tablas de materiales como respaldo para la implementación y justificación técnica del proyecto.

2.4. Diagnóstico del sistema eléctrico actual

En las cuatro aulas seleccionadas se identificaron deficiencias en el sistema eléctrico el cual se detalla en los siguientes puntos:

2.4.1. Iluminación deficiente

Se constato que las aulas utilizan focos ahorradores con bajo nivel lumen, lo cual no garantiza una iluminación adecuada para ambientes escolares, el promedio de iluminación es muy bajo y deficiente, el cual da incumpliendo a la norma UNE-EN 12464-1, en la Figura 28 detalla la baja iluminación solamente con 2 focos ahorradores.

Figura 28

Iluminacion deficiente en las aulas



Fuente: (El autor)

2.4.2. Numero insuficiente de toma corrientes

Se evidencio que en cada aula existen solamente dos tomacorrientes y están en mal estado, esto ocasiona el uso excesivo de extensiones, lo cual representa un riesgo de sobre carga y accidentes eléctricos, en la Figura 29 se muestra el estado actual de los toma corrientes y en la Figura 30 el número insuficiente de toma corrientes.

Figura 29

Estado actual tomas corrientes



Fuente: (El autor)

Figura 30

Cantidad de toma corrientes



Fuente: (El autor)

2.4.3. Empalmes irregulares

Se observaron demasiados empalmes realizados en el sistema eléctrico envueltos demasiados circuitos con cinta aislante, esta mala práctica compromete la seguridad eléctrica y puede causar cortocircuitos y peligro para los estudiantes y docentes, en la Figura 31 se detalla los empalmes el cual alimenta a varios circuitos en el aula para alimentar a otras cargas.

Figura 31

Empalmes en los circuitos eléctricos



Fuente: (El autor)

2.4.4. Falta de protecciones individuales

No existen disyuntores individuales por circuito, lo cual no permite aislar fallas o realizar mantenimientos al sistema eléctrico sin desenergizar todo el sistema, en la Figura 32 detalla la falta de protecciones para el sistema eléctrico en los circuitos eléctricos por aula.

Figura 32

Ausencia de protecciones eléctricas



Fuente: (El autor)

2.4.5. Conductores deteriorados

Se identificaron conductores sulfatados y con aislamiento envejecido, aumentando el riesgo de fallos por cortocircuito o fugas de corriente, en la Figura 33 se detalla el conductor sulfatado y de acuerdo a su tiempo el aislamiento ya envejecido.

Figura 33

Conductor sulfatado y aislamiento envejecido



Fuente: (El autor)

2.4.6. Ausencia del sistema puesta a tierra

Ninguna de las aulas cuenta con un sistema de puesta a tierra funcional, incumpliendo con lo establecido por el NEC, en la Figura 34 muestra que el sistema eléctrico en las aulas no cuenta con una varilla de tierra

Figura 34

Ausencia de varilla de puesta a tierra



Fuente: (El autor)

Este diagnóstico sirvió como base para justificar técnicamente el rediseño total del sistema eléctrico de las aulas seleccionadas, el cual se identificaron las siguientes deficiencias:

- Iluminación deficiente con focos ahorradores
- Solo dos tomacorrientes por aula, algunos en mal estado
- Empalmes hechos con cinta aislante
- Falta de protecciones individuales
- Conductores sulfatados
- Ausencia de sistema puesta a tierra

2.5. Recolección de datos mediante instrumentos de medición

La recolección de datos es una etapa fundamental para el diagnóstico técnico del sistema eléctrico existe en la escuela, se utilizó instrumentos de medición eléctrica, los cuales permitieron

identificar las condiciones reales de operación de las instalaciones, detectar fallas, verificar cumplimiento normativo y definir criterios para el rediseño y repotenciación

2.5.1. Recolección de datos mediante instrumentos de medición

A continuación, se detalla las mediciones eléctricas que se realizaron en las aulas mediante los instrumentos de medición:

Medición de voltaje: Se realizó medición de voltaje en el circuito eléctrico de tomas corrientes en las aulas y en la Figura 35 tiene un voltaje de 108 voltios tanto en la alimentación del breaker y tomas corrientes, se utilizó una pinza amperimétrica fluker 325.

Figura 35
Medición de Voltaje



Fuente: (El autor)

Medición de corriente: Se realizó medición de corriente de las cargas, solo se midió la iluminación ya que en las tomas no había ninguna carga conectada, en la Figura 36 detalla la medición con una pinza amperimétrica fluker 325, la corriente es de 5,05 A

Figura 36
Medición de Corriente



Fuente: (El autor)

Medición De iluminación: Se realizo medición de la iluminación de luxes en cada aula, en la Tabla 20 está la medición de cada aula en luxes en el sistema de iluminación actual el cual es muy deficiente la iluminación.

Tabla 20
Medidas de iluminacion

AULA	LUXES	IMAGEN
1	114	
2	76	
3	91	
4	113	

Fuente: (El autor)

Medición De Puesta a tierra: No se midió ninguna varilla tierra por motivo que en el sistema eléctrico actual no existe ninguna varilla conectada.

2.7. Aplicación de la normativa

Se aplicaron los siguientes requerimientos técnicos de acuerdo a las normativas vigentes:

a) NEC ECUATORIANA

En la Tabla 21 se tiene los requerimientos técnicos de acuerdo a normativa NEC Ecuatoriana.

Tabla 21

Requerimientos técnicos Nec

Tabla de requerimientos técnicos de acuerdo a Normativa NEC ECUATORIANA	
Caída de tensión	3% máximo
Calibre de conductor iluminación	# 14
Calibre de conductor tomas corrientes	# 12
Breaker termomagnético Iluminación	15 A
Breaker termomagnético tomas corrientes	20 A
Conductor Puesta a tierra alimentador principal	Igual o mayor a conductor alimentador
Tipo canalización	PVC
Código color fase	rojo, negro, azul
código color neutro	Blanco
Código color tierra	Verde, amarillo con verde
Calibre de conductor alimentador	# 6

Fuente: (El autor)

b) UNE-EN 12464-1

En la Tabla 22 se tiene los requerimientos técnicos de acuerdo a normativa UNE

Tabla 22

Requerimientos técnicos UNE

Tabla de requerimientos técnicos en la Normativa UNE para iluminación	
Nivel mínimo de iluminación en aulas	300 lux promedio
Uniformidad mínima de iluminación	0,6
UGR Máximo	19
Índice de reproducción cromática	Igual o mayor a 80

Fuente: (El autor)

2.8. Diseño del sistema eléctrico

El diseño del sistema eléctrico se elaboró en base a los parámetros establecidos en el apartado 2.6 realizando:

- Cálculo de niveles de iluminancia y distribución de luminarias para cumplir con los 300 lux mínimos y la uniformidad requerida.
- Dimensionamiento de conductores según ampacidad y caída de tensión máxima permitida.
- Selección de conductores de acuerdo con la carga de cada circuito.
- Definición de protecciones de cada circuito
- Definición de puesta a tierra.

2.8.1. Diseño y cálculos del sistema de iluminación.

El sistema de iluminación es un componente fundamental en entornos educativos, ya que influye directamente en el confort visual, la concentración y el rendimiento académico de los estudiantes. Un diseño adecuado debe garantizar niveles óptimos de iluminancia, distribución uniforme de la luz y eficiencia energética. Por ello se realizó un cálculo técnico de acuerdo con la norma UNE-EN 12464-1 complementado con simulación mediante DIALUX.

Con el objetivo de cumplir los requisitos mínimos de iluminación establecidos por la norma UNE-EN 12464-1 para aulas escolares (300 lux) se realizó los siguientes cálculos:

Se determina el coeficiente de utilización ya que no se tiene el valor, la fórmula que se aplica primero es el índice del local:

$$K = \frac{LxA}{hm \times (L + A)} \quad (1)$$

En la Tabla 23 se detalla el cálculo del índice de local para encontrar el valor

Tabla 23*Calculo del índice del local*

Tabla de cálculo índice del local		
Parámetro	Descripción	Valor
L	Largo del aula (m)	9
A	Ancho del aula (m)	5,5
Altura total	Altura del aula	2,7
Plano de trabajo	Altura plano de trabajo	0,8
hm	altura total -altura plano trabajo	1,8
K	Índice del local	1,80

Fuente: (El autor)

El valor de Cu no se calcula directamente se obtiene de tabla de datos del fabricante por el cual en la Tabla 24 detalla los valores recomendados de acuerdo al resultado del índice de local que fue de 1,80

Tabla 24*Valores índice local*

Valores de acuerdo al índice local		
K	70/50/20	50/30/10
1,5	0,64	0,56
2	0,70	0,62
2,5	0,74	0,66
Valor seleccionado CU	0,70	

Fuente: (El autor)

Teniendo el valor del coeficiente de utilización se procede a realizar los siguientes cálculos de acuerdo a los datos de cada aula, el cual son los siguientes:

- Área de aula: $5,5 \times 9 \text{ m} = 49,5 \text{ m}^2$
- Altura del techo: 2,7 m
- Nivel requerido: 300 lux
- UF (factor de utilización): 0.6
- MF (factor de mantenimiento) 0,8

La fórmula empleada para el respectivo calculo fue la siguiente:

$$\phi_T = \frac{E_m * S}{C_u * C_m} \quad (2)$$

En la tabla 25 detalla los valores del cálculo que se realizó de acuerdo a la formula y el resultado de lúmenes

Tabla 25
Valores índice local

Parámetro	Descripción	Valor
Em	Nivel promedio de iluminancia	300
s	área m ²	49,5
cu	Coeficiente de utilización	0,7
Cm	Coeficiente de mantenimiento	0,8
ΦT	Flujo luminoso total (lm)	26517,85

Fuente: (El autor)

EL flujo total seria 26517,85 lúmenes, por el cual para calcular el número de luminarias se selecciona la luminaria de acuerdo a los lúmenes de los paneles led que son de 1000 a 4000 lúmenes, en la Tabla 26 se describe los datos técnicos de la luminaria seleccionada.

Tabla 26*Datos técnicos de luminaria*

Datos Técnicos Luminaria seleccionada	
Especificaciones técnicas Luminaria	Datos
Potencia	36 W
Flujo luminoso	4000 lúmenes
Tensión nominal	110-220
Factor de potencia	0,9
Índice de protección	IP 20
Angulo de apertura	110°
Índice de protección de color IRC	> 80
Vida útil	50000 horas
Frecuencia	50/60 HZ
Material de luminaria	Aluminio
Marca	Ledvance

Fuente: (El autor)

Para calcular el número de luminaria se emplea la formula siguiente:

$$N = \frac{\phi_T}{\phi_{LUM}} \quad (3)$$

Donde:

ΦT : Flujo luminoso total

ΦLum : Lúmenes led

Calculando el número de luminarias como se muestra en la Tabla 27 se obtiene 6 luminarias para la respectiva simulación en Dialux y verificar si cumple la iluminación.

Tabla 27
Cálculo de numero de luminarias

Descripción	Valores
Flujo luminoso total	26517,085 lúmenes
Lúmenes luminaria	4000 lúmenes
Resultado	6,6 luminarias

Fuente: (El autor)

2.8.2. Diseño y simulación con el software Dialux.

El software DUALUX evo se utilizó como herramienta principal para el diseño y simulación del sistema de iluminación en las aulas educativas de la Escuela Enriqueta de Wind, en la Tabla 28 se muestra los datos de aplicación y altura del plano, las 4 aulas tienen la misma medida por eso se muestra una sola tabla en general.

Tabla 28
Datos de aplicación y medidas del plano

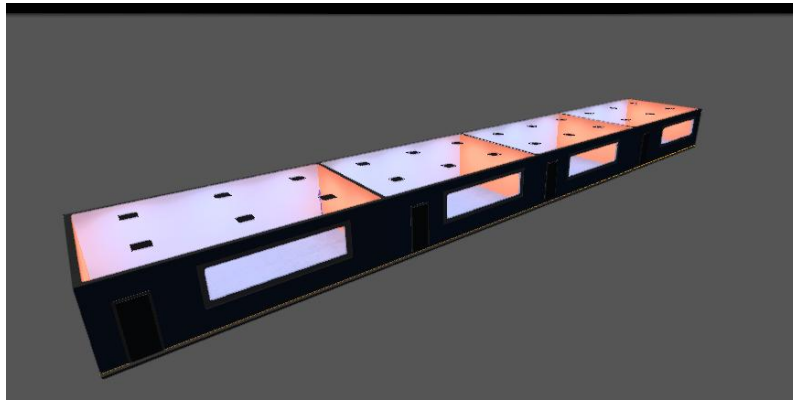
Descripción	Medidas
Dimensiones del aula (LxA)	9m x 5,5 m
Altura de aula	2,7
Altura del plano de trabajo	0,8
Luxes requeridos	300 lx
Uniformidad objetivo	> 0,60
Índice de reproducción cromática IRC	> 80
Cantidad de aulas	4
Área	49,5 m ²
Factor de Mantenimiento	0,80
Luminaria seleccionada	Panel led 36 w-4000 lúmenes
Disposición de luminarias	2 filas x 3 a lo largo de 9 m
Ventanas (Altura x ancho)	1 por cada aula (2 m x 0,80m)
Puertas (A x L)	1 por cada aula (0,90 m x 2 m)

Fuente: (El autor)

De acuerdo a los datos de la Tabla 27 se procede a realizar el plano con todos los datos técnicos detallados el cual los resultados permitieron validar la cantidad y ubicación de luminarias necesarias para garantizar confort visual, seguridad y cumplimiento del sistema de iluminación, en la Figura 37 se detalla la distribución de luminarias en cada aula en el programa Dialux.

Figura 37

Distribución de luminarias en cada aula

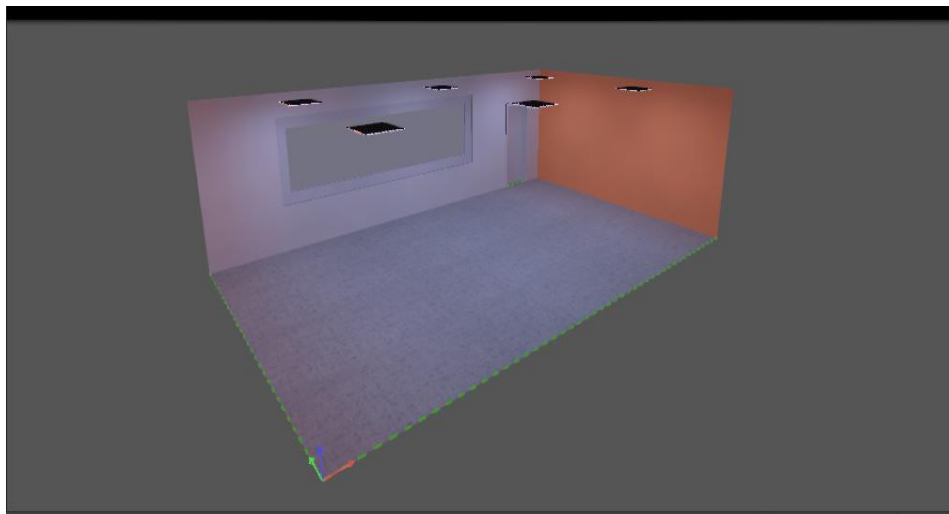


Nota: En la presente figura se visualiza la distribución y cantidad de luminarias en cada aula. (Dialux)

En la Figura 38 se tiene la iluminación en la parte interior del aula, solo se muestra de una sola por motivo que todas las aulas tienen las mismas dimensiones, color de paredes y cantidad de luminarias igual.

Figura 38

Iluminación interna de cada aula

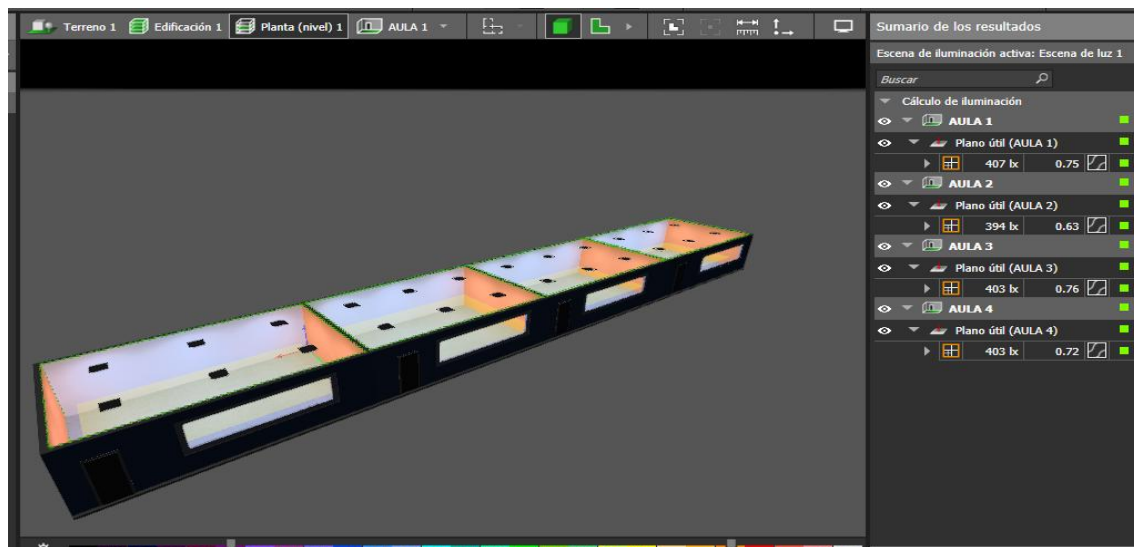


Nota: Iluminación interna en una de las aulas con los paneles led (Dialux)

En la Figura 39 se detalla la simulación por medio del programa Dialux en todas las aulas, el cual cumple con los luxes requeridos en el proyecto.

Figura 39

Simulación en Dialux de todas las aulas



Fuente: (Dialux)

En la simulación de cada aula en la iluminación se pueden verificar que se está cumpliendo con los lúmenes requeridos, en las Figuras 40, 41, 42 y 43 se muestran los resultados obtenidos de cada aula.

Figura 40

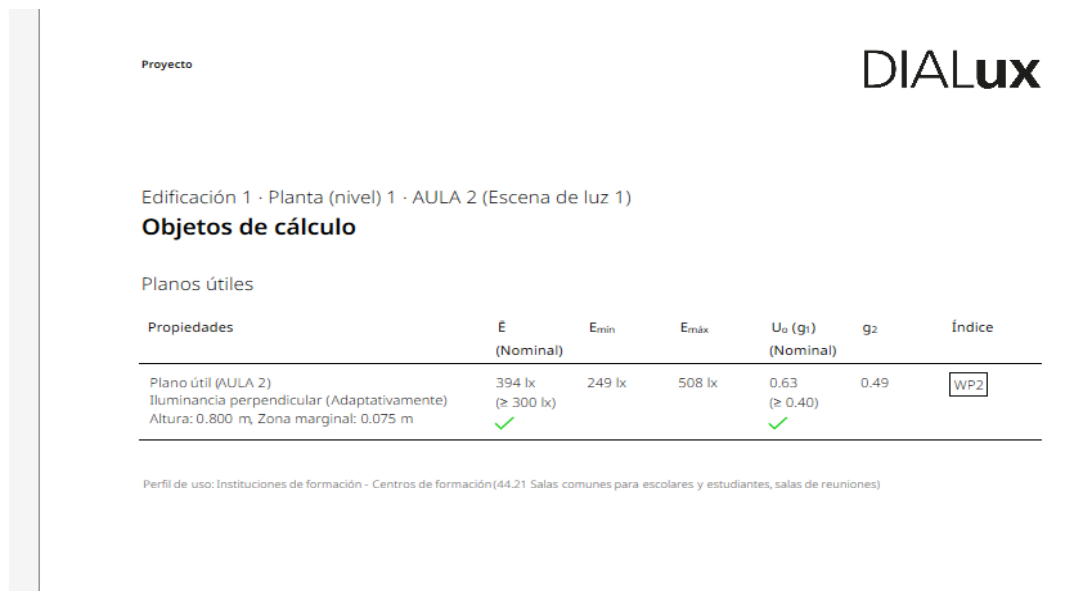
Resultados obtenidos en aula 1



Fuente: (Dialux)

Figura 41

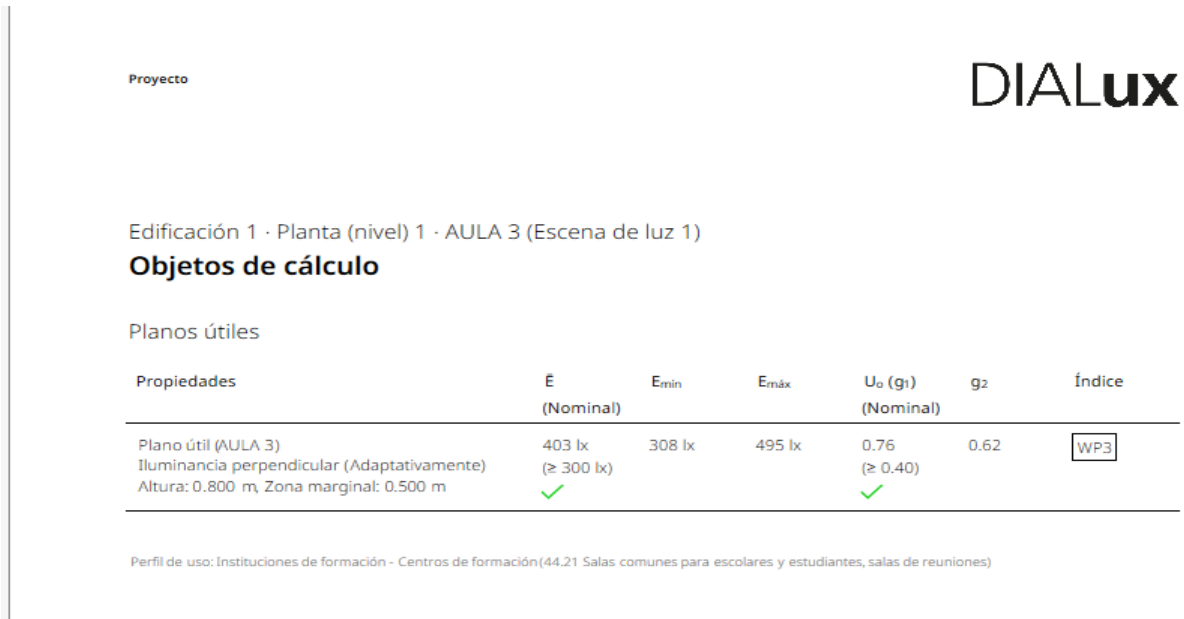
Resultados obtenidos en aula 2



Fuente: (Dialux)

Figura 42

Resultados obtenidos en aula 3



Fuente: (Dialux)

Figura 43

Resultados obtenidos en aula 4



Fuente: (Dialux)

En la Tabla 29 se muestra los resultados obtenidos en la simulación de dialux el cual demuestra que si se está cumpliendo

Tabla 29

Resultados obtenidos en Dialux

AULAS	LUXES REQUERIDOS	UNIFORMIDAD DE LUMINANCIA REQUERIDA	LUXES OBTENIDOS			UNIFORMIDAD DE LUMINANCIA OBTENIDA		
			LUXES	CUMPLE	NO CUMPLE	UNIFORMIDAD	CUMPLE	NO CUMPLE
AULA 1	>300	>0,60	407	X		0,75	X	
AULA 2	>300	>0,60	394	X		0,63	X	
AULA 3	>300	>0,60	403	X		0,76	X	
AULA 4	>300	>0,60	403	X		0,72	X	

Fuente: (El autor)

En la Figura 44 se verifica que los luxes en cada aula está cumpliendo con la iluminación el cual todo está en verde dando cumplimiento con las normativas.

Figura 44

Verificación de luxes requeridos

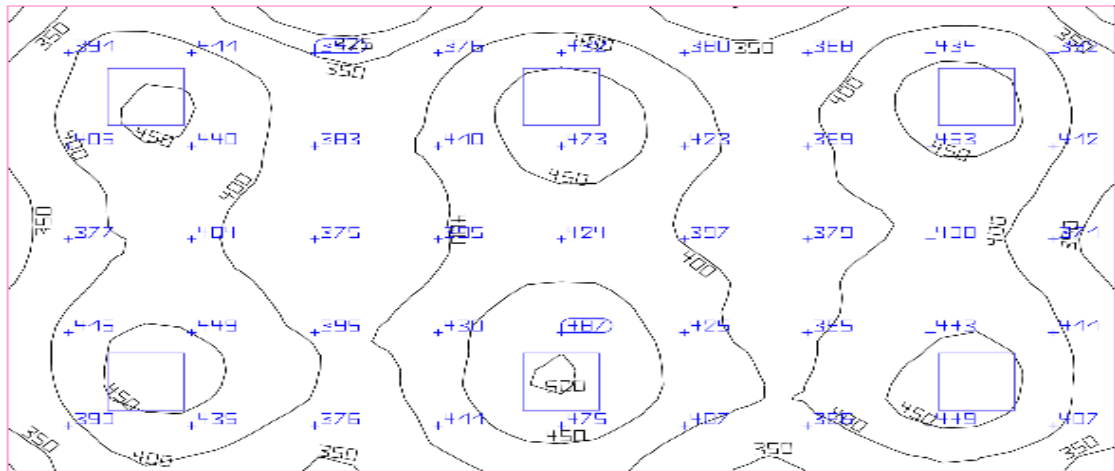


Fuente: (Dialux)

En la Figuras 45,46,47 y 48 se visualiza las aulas 1,2,3 y 4 que los luxes están correctamente distribuidos, en cada parte del aula, el cual es importante para que toda la iluminación sea equitativa en el área.

Figura 45

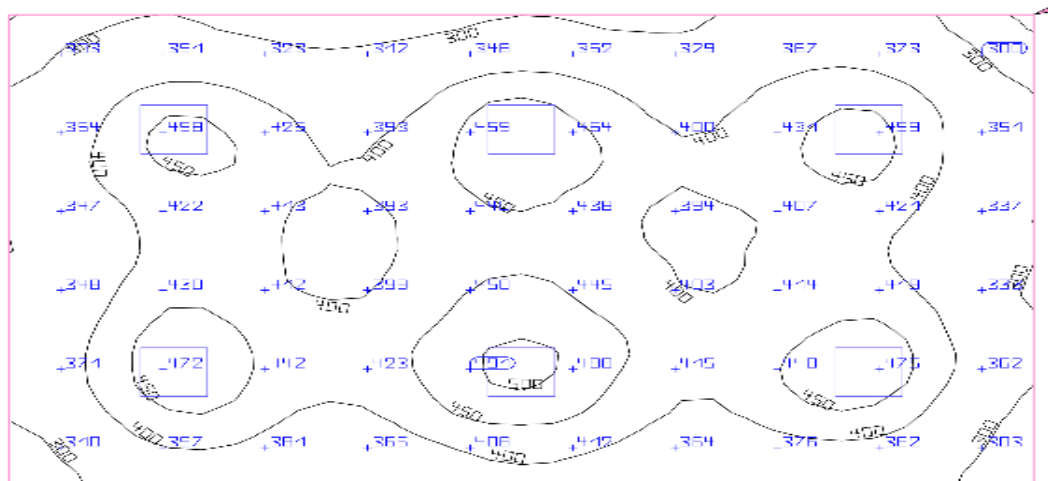
Distribución correcta de luxes en Aula 1



Nota: tomado de (El autor)

Figura 46

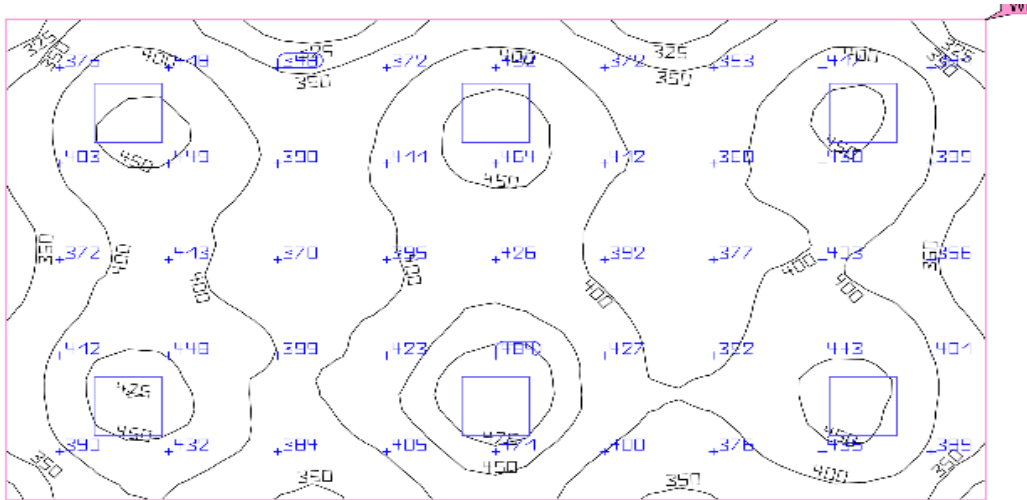
Distribución correcta de luxes en Aula 2



Nota: tomado de (El autor)

Figura 47

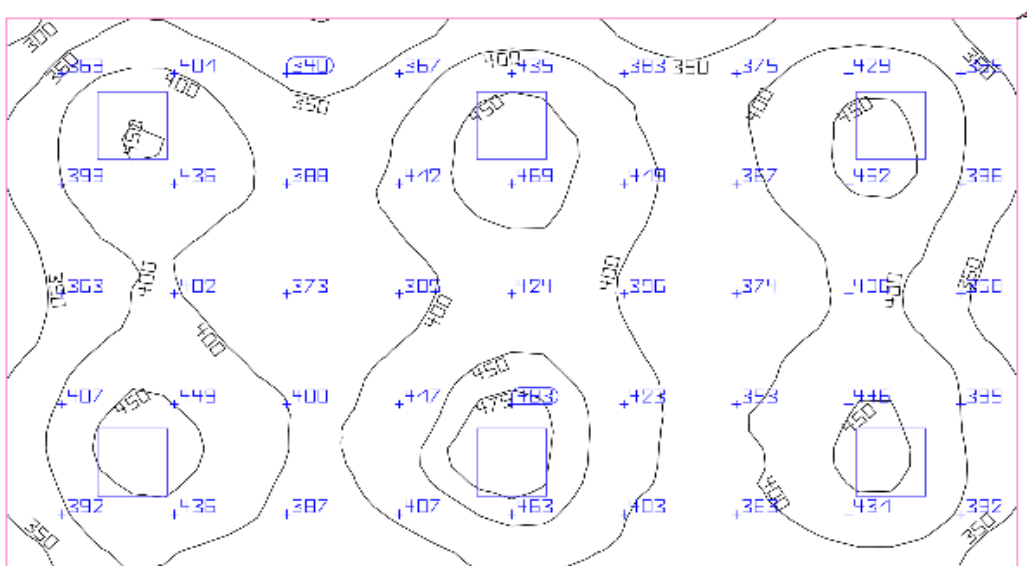
Distribución correcta de luxes en Aula 3



Nota: tomado de (El autor)

Figura 48

Distribucion correcta de luxes en Aula 4



Nota: tomado de (El autor)

En la Figura 49 se verifica los resultados del simulador Dialux por cada aula que está cumpliendo con todos los parámetros establecidos en la selección de las 6 luminarias por aula.

Figura 49

Resultados del simulador Dialux

Planos útiles						
Propiedades	$\bar{E}$ (Nominal)	E_{min}	E_{max}	$U_0 (g_1)$ (Nominal)	g_2	Índice
Plano útil (Local 1)	407 lx	306 lx	501 lx	0.75	0.61	WP1
Iluminancia perpendicular (Adaptativamente)	(≥ 300 lx)			(≥ 0.40)		
Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.500 m	✓			✓		
Plano útil (Local 2)	394 lx	249 lx	508 lx	0.63	0.49	WP2
Iluminancia perpendicular (Adaptativamente)	(≥ 300 lx)			(≥ 0.40)		
Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.075 m	✓			✓		
Plano útil (Local 3)	403 lx	308 lx	495 lx	0.76	0.62	WP3
Iluminancia perpendicular (Adaptativamente)	(≥ 300 lx)			(≥ 0.40)		
Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.500 m	✓			✓		
Plano útil (Local 4)	403 lx	291 lx	494 lx	0.72	0.59	WP4
Iluminancia perpendicular (Adaptativamente)	(≥ 300 lx)			(≥ 0.40)		
Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.500 m	✓			✓		

Fuente: (Dialux)

En la Figura 50 detalla la distancia que van distribuidas las luminarias en cada aula, se muestra solo un aula ya que todas tienen la misma medida.

Figura 50*Distancias de luminarias*

6 x LEDVANCE LED VALUE PANEL 0606B 36W 840 H

Tipo	Disposición en campo	X	Y	Altura de montaje	Luminaria
1era Luminaria (X/Y/Z)	1.500 m / 1.373 m / 2.700 m	1.500 m	4.118 m	2.700 m	1
		4.500 m	4.118 m	2.700 m	2
Dirección X	3 Uni., Centro - centro, 3.000 m	7.500 m	4.118 m	2.700 m	3
		1.500 m	1.373 m	2.700 m	4
Dirección Y	2 Uni., Centro - centro, 2.745 m	4.500 m	1.373 m	2.700 m	5
Organización	A1	7.500 m	1.373 m	2.700 m	6

Fuente: (Dialux)

En la Tabla 30 se muestra una tabla del resumen de los resultados en Dialux por cada aula con su respectiva área y altura

Tabla 30*Resultados obtenidos por aula*

Tabla resumen					
AULAS	LUXES	# LUMINARIAS	UNIFORMIDAD	AREA M2	ALTURA M
AULA 1	407	6	0,75	49,5	2,70
AULA 2	394	6	0,63	49,5	2,70
AULA 3	403	6	0,76	49,5	2,70
AULA 4	403	6	0,72	49,5	2,70

Fuente: (El autor)

2.8.3. Cálculo de caída de tensión

El cálculo de la caída de tensión se realizó conforme a los límites indicados por la Norma Ecuatoriana (NEC 2018), la fórmula que se utiliza para la caída de tensión es la siguiente:

$$\% \Delta V = \frac{(2 \times I \times R \times L)}{V} \times 100\% \quad (4)$$

Donde:

- $\% \Delta V$: porcentaje caída de tensión
- I: Corriente en amperios
- R: Resistencia del conductor en ohmios por kilómetro
- L: Longitud del conductor en Km
- V: Voltaje nominal
- 2: Factor que se usa para ida y retorno de corriente en un sistema monofásico

Se procede a realizar los cálculos de caída de tensión en el circuito de iluminación, toma corrientes y tablero principal, en la Tabla 31 muestra la resistencia de los conductores de acuerdo a su calibre y material, en esta es un conductor THHN a 75 grados centígrados de acuerdo a NEC 2018.

Tabla 31

Tabla de resistencia de conductores de cobre THHN a 75 °C

Calibre (AWG)	Sección (mm ²)	Resistencia (Ω/km)
14	2.08	8.72
12	3.31	5.87
10	5.26	3.28
8	8.37	2.08
6	13.3	1.31

Fuente: (NEC, 2018)

2.7.3.1. Cálculo de caída de tensión en circuito de iluminación

En el circuito de iluminación se calcula la caída de tensión, para ello se realiza los cálculos detallados en la Tabla 32 que indica los datos técnicos de potencia total, corriente, conductor, protecciones seleccionadas para iluminación por aula y en la Tabla 33 indica los resultados de la fórmula de caída de tensión el cual cumple con la normativa NEC Ecuatoriana con menos 3%

Tabla 32

Tabla de cálculo de corriente y protecciones

AULA	VOLTAJE	POTENCIA w	# Luminarias	POTENCIA TOTAL W	CORRIENTE	PROTECCIONES
ILUMINACION 1	110	36	6	216	1,96	15 A
ILUMINACION 2	110	36	6	216	1,96	15 A
ILUMINACION 3	110	36	6	216	1,96	15 A
ILUMINACION 4	110	36	6	216	1,96	15 A
Total	110	144	24	864	7,85	

Fuente: (El autor)

Tabla 33*Resultados de cálculos de caída de tensión por aula en iluminación*

AULA	CONDUCTOR	RESISTENCIA CONDUCTOR	LONJITUD KM	Porcentaje	¿Cumple (≤3%)?
ILUMINACION 1	14 AWG	8,72	0,012	0,37%	Sí
ILUMINACION 2	14 AWG	8,72	0,021	0,65%	Sí
ILUMINACION 3	14 AWG	8,72	0,03	0,93%	Sí
ILUMINACION 4	14 AWG	8,72	0,039	1,21%	Sí

*Fuente: (El autor)***2.7.3.2. Cálculo de caída de tensión en tomacorrientes**

En el circuito de tomacorrientes se calcula la caída de tensión, para ello se realiza los cálculos detallados en la Tabla 34 que indica los datos técnicos de potencia total, corriente, conductor, protecciones seleccionadas para tomas corrientes por aula y en la Tabla 35 indica los resultados de la fórmula de caída de tensión el cual cumple con la normativa NEC Ecuatoriana con menos 3%

Tabla 34*Tabla de cálculo de corriente y protecciones en tomas corrientes*

AULA	VOLTAJE	POTENCIA w	# TOMAS	POTENCIA TOTAL W	CORRIENTE	PROTECCIONES
FUERZA 1	110	200	4	800	7,27	20 A
FUERZA 2	110	200	4	800	7,27	20 A
FUERZA 3	110	200	4	800	7,27	20 A
FUERZA 4	110	200	4	800	7,27	20 A
Total	110	800	16	3200	29,09	

*Fuente: (El autor)***Tabla 35***Resultados de cálculos de caída de tensión por aula en tomas corrientes*

AULA	CONDUCTOR	RESISTENCIA CONDUCTOR	LONJITUD KM	Porcentaje	¿Cumple ($\leq 3\%$)?
FUERZA 1	12 AWG	5,87	0,022	1,71%	Sí
FUERZA 2	12 AWG	5,87	0,026	2,02%	Sí
FUERZA 3	12 AWG	5,87	0,028	2,17%	Sí
FUERZA 4	12 AWG	5,87	0,032	2,48%	Sí

*Fuente: (El autor)***2.7.3.3. Cálculo de caída de tensión en tablero principal-4 aulas**

Al igual que en los circuitos derivados en los alimentadores también se considera el recorrido de ida y retorno de los conductores para el cálculo de la caída de tensión, debido a que la corriente circula por ambos cables (fase y neutro o fase-opuesta), esto es un criterio obligatorio según (NEC ,2018).

En la Tabla 36 se detalla la potencia total en el sistema eléctrico de las 4 aulas con la iluminación, tomas corrientes y un margen adicional por cada circuito.

Tabla 36*Potencia total del sistema eléctrico*

AULAS	VOLTAJE	POTENCIA	CANTIDAD	POTENCIA TOTAL	MARGEN ADICIONAL POR AULA W	TOTA, W
ILUMINACION						
1	110	36	6	216	100	316
ILUMINACION						
2	110	36	6	216	100	316
ILUMINACION						
3	110	36	6	216	100	316
ILUMINACION						
4	110	36	6	216	100	316
FUERZA 1	110	200	4	800	200	1000
FUERZA 2	110	200	4	800	200	1000
FUERZA 3	110	200	4	800	200	1000
FUERZA 4	110	200	4	800	200	1000
TOTAL	110	944	40	4064	1200	5264

Fuente: (El autor)

En la Tabla 37 se calcula el porcentaje de caída de tensión en el conductor seleccionado para la alimentación del tablero de distribución.

Tabla 37*Cálculo de caída de tensión en tablero de distribución*

POTENCIA TOTAL	VOLTAJE	CORRIENTE A	CONDUCTOR	RESISTENCIA CONDUCTOR	LONJITUD KM	Porcentaje	¿Cumple (≤3%)?
5264	110	47,85	6 AWG	1,31	0,011	2,88%	SI

Fuente: (El autor)

2.8.4. Selección del calibre de conductores

La elección de los conductores se basó en la corriente de carga, caída de tensión y tipo de canalización de acuerdo a NEC 2018, se utilizó conductor de cobre THHN A 75 °C, en la Tabla 38 se muestra el calibre recomendado de acuerdo a la corriente y tipo de canalización.

Tabla 38

Tabla de calibres recomendados de acuerdo a la corriente y circuito.

Circuito	Corriente (A)	Calibre recomendado	Canalización
Iluminación	1,96	14 AWG (2.08 mm ²)	Tubo PVC
Tomacorrientes	7,37	12 AWG (3.31 mm ²)	Tubo PVC
Alimentador general	47,85	6 AWG (13,3 mm ²)	Tubo PVC

Fuente: (El autor)

De acuerdo a la normativa NEC 2018 también es importante la selección del conductor por colores, en la Tabla 39 indica el código de colores por la fase, neutro y tierra.

Tabla 39

Código de colores para conductores eléctricos.

Tipo de conductor	Color
Neutro	Blanco
Tierra	Verde o verde-amarillo
Fase	Rojo, azul, negro, amarillo u otro color distinto a neutro y tierra

Nota. Información tomada de (NEC, 2018)

2.8.5. Sistema de puesta a tierra

Se diseñó un sistema puesto a tierra en cumplimiento con la norma NEC estableciendo una resistencia máxima de 25 ohmios.

- Tipo de sistema: puesta a tierra TT
- Electrodo: varilla de cobre de 5/8 x 2,4 m
- Numero de electrodos: 1 varilla en tablero principal
- Conductor puesto a tierra de acuerdo a normativa NEC establece que debe ser mayor o igual al conductor fase por el cual el calibre es 6 AWG de cobre

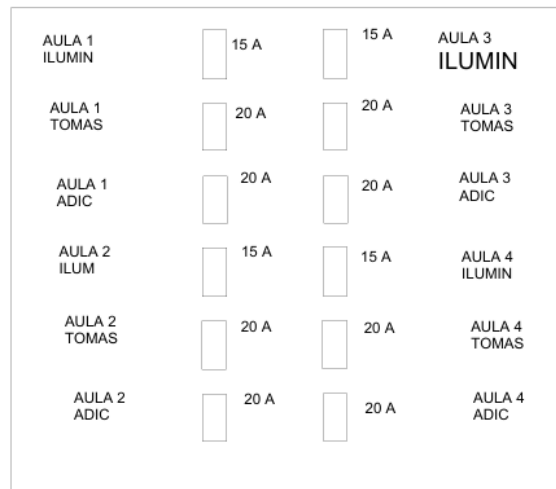
El sistema TT fue seleccionado por su eficiencia en instalaciones educativas, permitiendo aislar adecuadamente la instalación frente a fallas a tierra, se utiliza un telurómetro para verificar la resistencia del sistema, considerando condiciones del terreno y humedad. La normativa NEC exige que toda masa metálica accesible este conectada al sistema tierra para evitar tensiones peligrosas. Además, se recomienda un mantenimiento periódico del sistema puesta a tierra especialmente en zonas con alta humedad o suelos de baja conductibilidad.

2.8.6. Distribución de breaker en tablero eléctrico

Se instalaron interruptores termomagnéticos para asegurar la protección contra sobrecargas, cortocircuitos y contactos indirectos, adicional se van a poner 3 breaker por cada aula que están destinados para iluminación, tomacorrientes y 1 adicional por aula por el cual serian 12 breakers, en la Figura 51 se muestra el diseño del tablero eléctrico de distribución.

Figura 51

Tablero eléctrico de Distribución



Fuente: (El autor)

2.8.7. Resumen de materiales

En la presente repotenciación de las 4 aulas seleccionadas de acuerdo a la Tabla 40 se muestra la lista de materiales que se van a ocupar con la cantidad estimada de acuerdo a los cálculos y simulaciones realizadas.

Tabla 40

Lista de materiales

#	Material	Unidad	CANTIDAD
1	Paneles ledvance 36 w 4000 lm	und	24
2	Cable # 12	rollo	2
3	cable #14	rollo	2
4	Cable # 6	metros	35
5	Breakers termomagnéticos 15 A	und	4
6	Breakers termomagnéticos 20 A	und	8
7	Toma corrientes dobles	und	16
8	Interruptores dobles	und	4
9	Varilla puesta a tierra alta camada	und	1
10	Tubos PVC 3/8	und	50
11	Tubos PVC 3/4	und	6
11	Caja breaker principal	und	1
12	Cajetines rectangulares	und	24

Fuente: (El autor)

2.9. Planos del circuito eléctrico en general de las aulas

Los planos eléctricos constituyen una representación gráfica fundamental dentro del proceso de diseño e implementación de instalaciones eléctricas, en este proyecto se desarrollaron planos del circuito eléctrico general de las aulas educativas de la escuela Enriqueta de Wind, los cuales incluyen la distribución de tomacorrientes, interruptores, luminarias y el tablero general de distribución.

El diseño se realizó conforme a los criterios establecidos en la Norma Ecuatoriana de la construcción NEC en instalaciones eléctricas garantizando la correcta ubicación de los elementos, seguridad operativa, funcionalidad y facilidad de mantenimiento, estos planos permiten visualizar con claridad la disposición de los componentes eléctricos, las trayectorias de los conductores y la organización de los circuitos derivados por aula.

2.9.1. Plano eléctrico

Este plano fue elaborado utilizando el software Autocad 2022 siguiendo los lineamientos de Norma Ecuatoriana de la construcción NEC y empleando simbología normalizada para instalaciones de baja tensión, en el Anexo 1 detalla la distribución eléctrica en las 4 aulas.

2.9.2. Diagrama Unifilar general de las 4 aulas

El diagrama unifilar es una representación esquemática que muestra de manera simplificada el sistema de distribución eléctrica, permitiendo visualizar la interconexión de los circuitos, protecciones y equipos mediante una sola línea por fase, por el cual se elaboró el diagrama unifilar general correspondiente a las 4 aulas educativas de la escuela Enriqueta de Wind, con el fin de facilitar la comprensión del sistema, su ejecución y posterior mantenimiento, en el Anexo 2 se detalla el diagrama unifilar del sistema eléctrico de las 4 aulas.

CAPÍTULO III

DESARROLLO, IMPLEMENTACIÓN Y RESULTADOS DEL PROYECTO TÉCNICO

3.1 Introducción

Este capítulo presenta el desarrollo de la repotenciación eléctrica en cuatro aulas de la Escuela Enriqueta de Wind describiendo el proceso de implementación, comparando el estado inicial con el final y mostrando los resultados obtenidos en términos de seguridad, eficiencia y calidad lumínica.

3.2. Desarrollo del proyecto

Para el desarrollo del proyecto consistió en una secuencia de actividades planificadas para reemplazar, mejorar y optimizar el sistema eléctrico de las aulas, cumpliendo con la normativa vigente (NEC Ecuatoriana y UNE-EN 12464-1), cada etapa se ejecutó siguiendo procedimientos técnicos y medidas de seguridad garantizando una instalación duradera y eficiente.

3.3. Fases de implementación

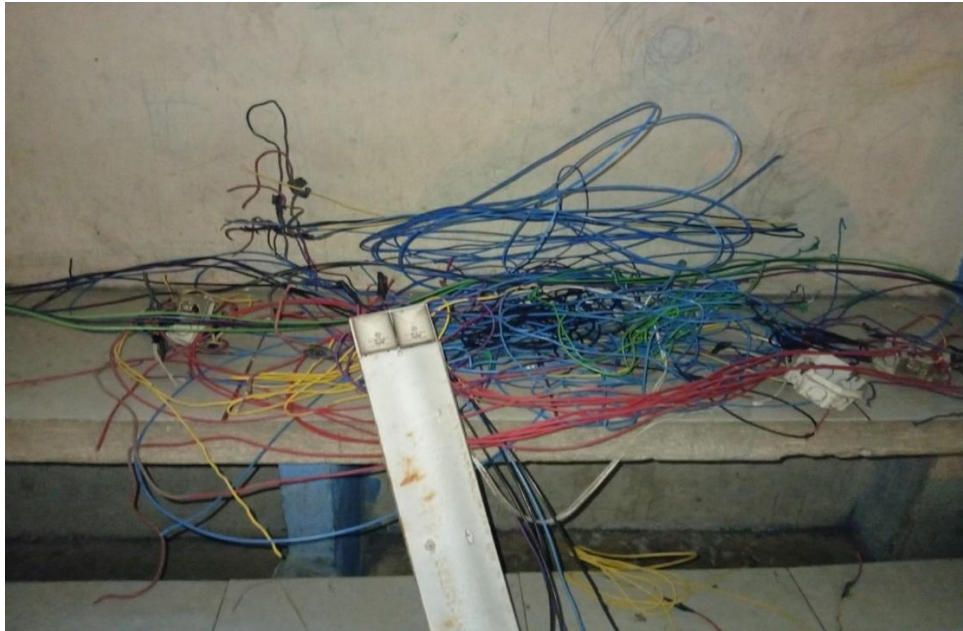
En la implementación se desarrollaron varias fases para el desarrollo del proyecto, el cual el primer punto es el desmontaje, instalación de canalizaciones, tendido de conductores principales, montaje de caja de distribución, implementación del sistema de iluminación, sistema puesto a tierra y medición de voltaje y corriente.

3.3.1. Desmontaje

Se realizó el retiro de las luminarias existentes en cada aula, toma corrientes defectuosos, interruptores y cableado defectuoso, para evitar riesgos se desconectó la energía eléctrica y se emplearon herramientas aisladas, todo el material retirado fue clasificado para su disposición final o reciclaje, en las Figuras 52,53,54 y 55 se puede visualizar todos los componentes eléctricos, conductores y luminarias defectuosos que estaban en las aulas.

Figura 52

Desmontaje de conductores defectuosos



Fuente: (El autor)

Figura 53

Desmontaje de luminarias antiguas



Fuente: (El autor)

Figura 54

Desmontaje de conductores empalmados en cajetines



Fuente: (El autor)

Figura 55

Desmontaje de empalmes de iluminación antigua



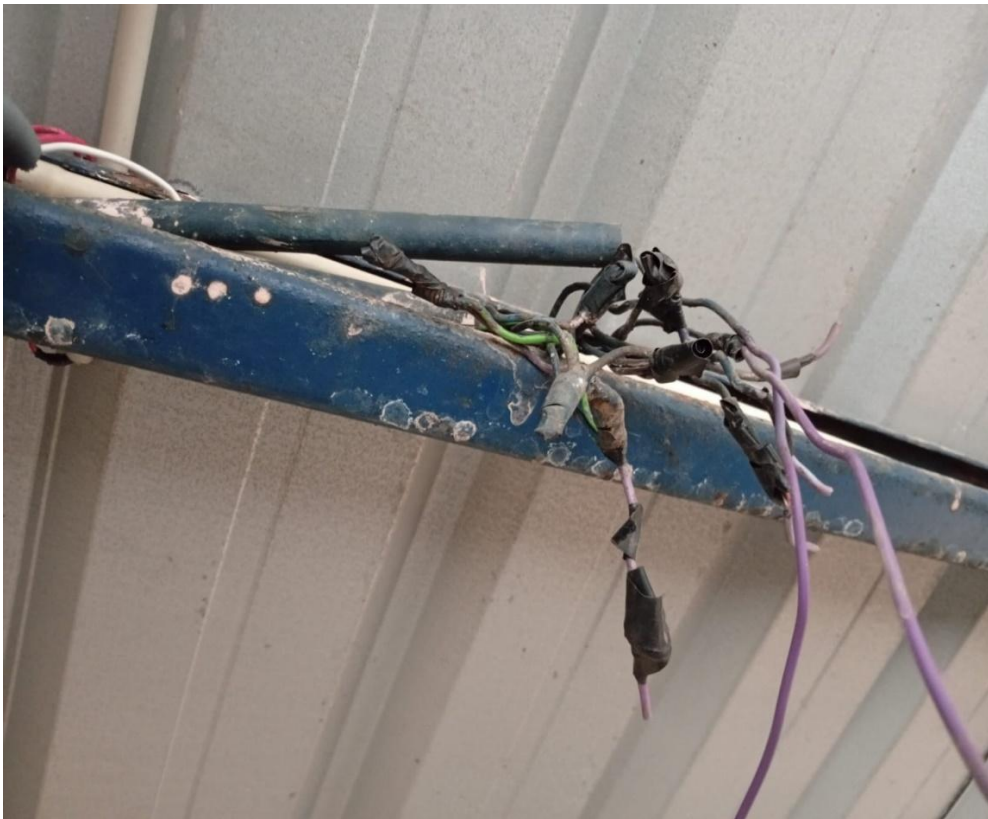
Fuente: (El autor)

3.3.2. Instalación de canalizaciones

Se instalaron tuberías PVC y cajas de conexión en ubicaciones estratégicas por cada aula, garantizando accesibilidad para futuras labores de mantenimiento y respetando la ocupación máxima permitida, se fijaron con tornillos empotrados en la pared con tacos Fisher, en la Figura 56 se visualiza el antes como estaban las canalizaciones y en la Figura 57 se visualiza la canalización actual.

Figura 56

Canalizaciones antiguas



Fuente: (El autor)

Figura 57

Canalizaciones actuales



Fuente: (El autor)

3.3.3. Tendido de conductores

Se colocaron conductores de cobre tipo THHN calibre # 14 para iluminación y calibre # 12 para tomacorrientes, siguiendo el código de colores Nec para identificar fase, neutro y tierra, en las Figura 58 indica como estaba antes el estado de conductores y en las Figuras 59 se evidencia el cambio de conductores en cada cajetín distribuidor y la Figura 60 se evidencia que se está cumpliendo con el código de colores de acuerdo a la Normativa NEC Ecuatoriana.

Figura 58

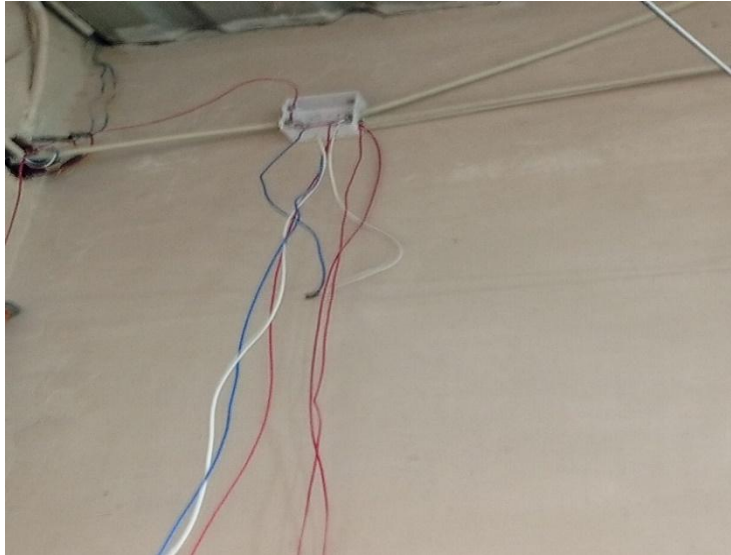
Estado de conductores antes



Fuente: (El autor)

Figura 59

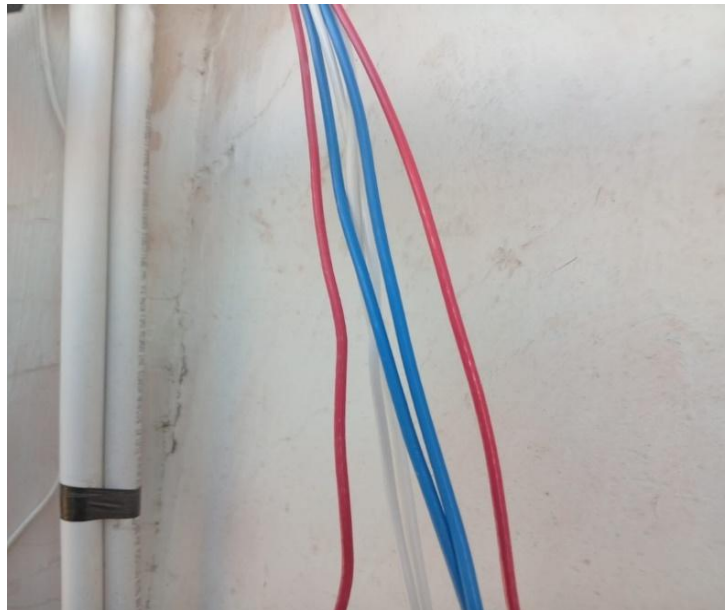
Cambio de conductores actual



Fuente: (El autor)

Figura 60

Colores de conductores



Fuente: (El autor)

3.3.4. Montaje de tablero eléctrico

Se instaló un tablero metálico de 30x30x12 cm con capacidad de 12 breakers monofásicos, distribuidos en cada aula para circuitos de iluminación y toma corrientes, la caja cuenta con una tapa de seguridad para que los estudiantes no tengan ningún riesgo eléctrico, en la Figura 61 se muestra como estaba antes el sistema de distribución.

Figura 61

Caja de distribución antigua



Fuente: (El autor)

En la Figura 62 se observa la instalación de la nueva caja de distribución eléctrica para las 4 aulas educativas.

Figura 62

Instalación de Caja de distribución nueva



Fuente: (El autor)

En la Figura 63 se visualiza la caja eléctrica instalada con sus tuberías PVC acopladas a la caja y con su respectiva tapa de protección.

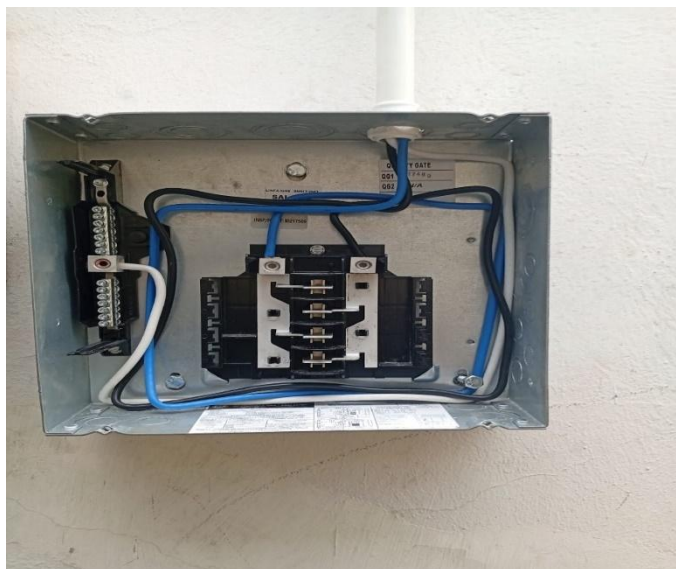
Figura 63
Caja de distribución



Fuente: (El autor)

En la Figura 64 se evidencia la conexión de los conductores nuevos de alimentación en la caja eléctrica, respetando el código de colores indicados en la Norma NEC

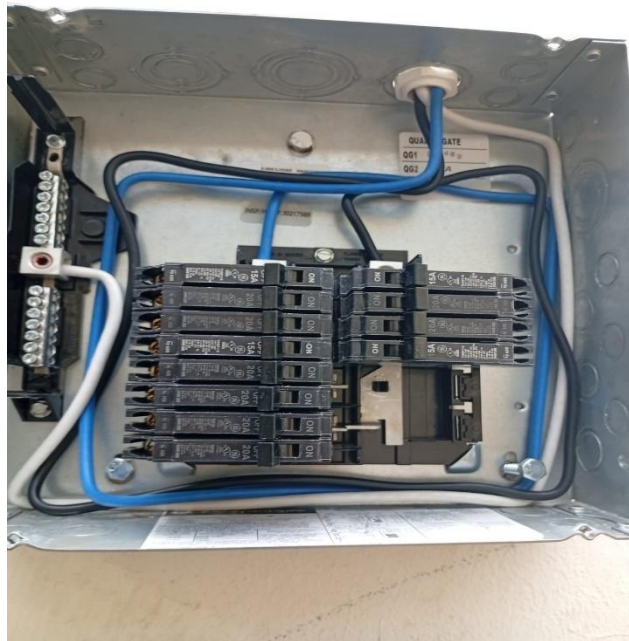
Figura 64
Caja de distribución



Fuente: (El autor)

Alimentado la caja eléctrica se procede a poner los breakeres de proyección de cada circuito tanto de iluminación como tomas corrientes en la Figura 65 muestra los breakeres acoplados en la caja eléctrica

Figura 65
Caja de distribución con los breakeres



Fuente: (El autor)

3.3.5. Implementación del sistema de iluminación

En el sistema de iluminación se colocaron 6 luminarias LED de 36 w por aula dando un total de 24 luminarias en todas las aulas, se las distribuyo en 2 hileras a lo largo del salón para asegurar una buena uniformidad lumínica y un nivel promedio de 300 lux, se procede con la instalación de luminarias en cada aula, en la Figura 66 se evidencia la instalación de luminarias en la viga del techo, este procedimiento se realiza para las 4 aulas.

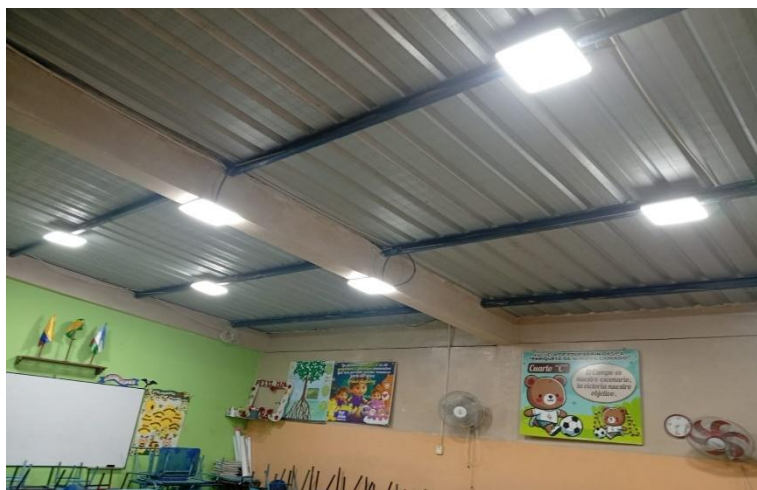
Figura 66
Instalación de luminarias



Fuente: (El autor)

En las Figuras 67, 68, 69 y 70 se muestra las lámparas instaladas por cada aula y con su respectiva iluminación

Figura 67
Luminarias aula 1



Fuente: (El autor)

Figura 68
Luminarias aula 2



Fuente: (El autor)

Figura 69
Luminarias aula 3



Fuente: (El autor)

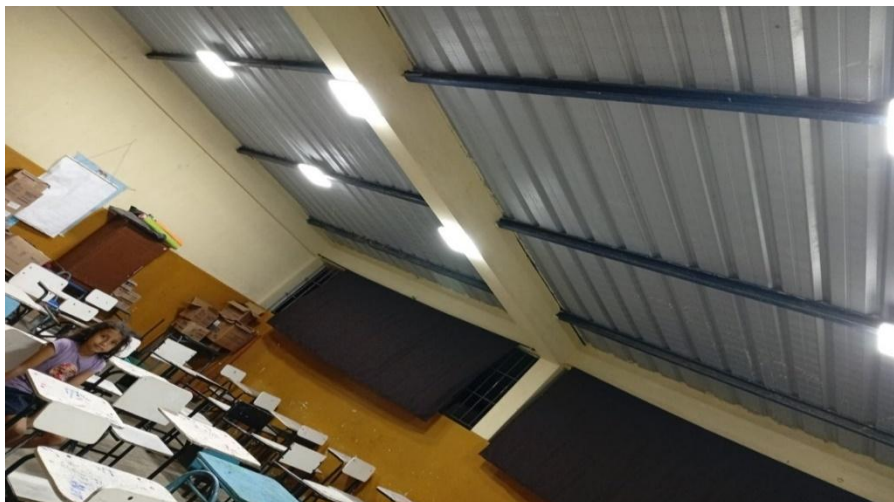
Figura 70
Luminarias aula 4



Fuente: (El autor)

Las luminarias en cada aula están puestas a las mismas medidas y distribuidas igual ya que todas las aulas tienen las mismas medidas y el mismo diseño, en la Figura 71 se puede verificar la iluminación de una de las aulas para el confort de los estudiantes.

Figura 71
Nivel de iluminación



Fuente: (El autor)

3.3.6. Implementación de tomas corrientes e interruptores

En la instalación por cada aula se ubican 4 tomas corrientes sobrepuestos y 1 interruptor doble por cada aula, se utiliza un calibre # 12 siendo fase color azul y neutro blanco, en la Figura 72 se tiene el estado de toma corrientes en mal estado que estaban antes.

Figura 72

Tomacorrientes estado anterior



Fuente: (El autor)

En la Figura 73 se tiene el cambio de tomacorriente nuevo con su respectiva tapa de protección para mejor seguridad en los niños de un riesgo eléctrico.

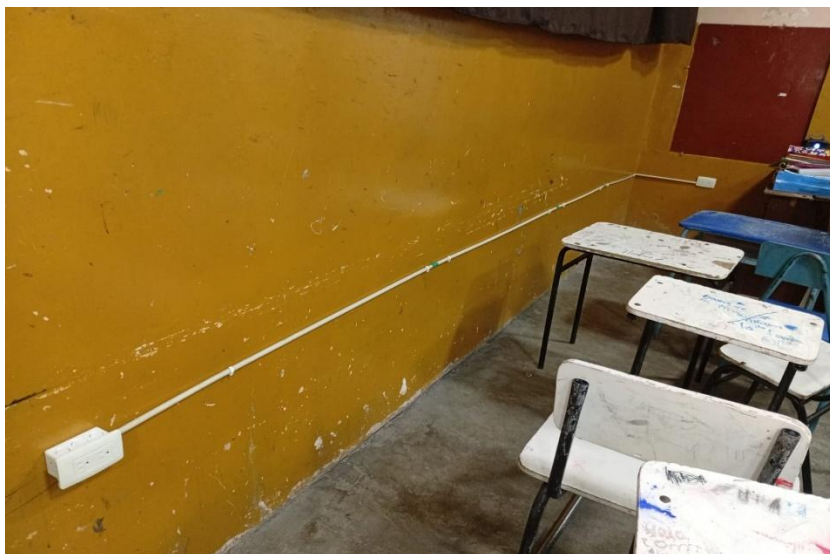
Figura 73
Tomacorrientes estado actual



Fuente: (El autor)

Para la instalación de los tomacorrientes sobrepuestos se utilizaron tuberías PVC y cajas rectangulares en la Figura 74 se observa la acometida de tomas corrientes instalados en las aulas

Figura 74
Tomacorrientes sobrepuestos



Fuente: (El autor)

Los interruptores también se cambiaron se pusieron unos dobles con los conductores #14 para el sistema de iluminación, en la Figura 75 se observa el interruptor doble nuevo empotrado en la pared.

Figura 75
Interruptores nuevos



Fuente: (El autor)

3.3.7. Sistema puesto a tierra

Se instalo una varilla tierra 5/8 de cobre alta camada de 2,4 m de largo y se conectó al tablero eléctrico, en el sistema eléctrico anterior no contaba con una varilla tierra en la Figura 76 se puede observar que no existe ninguna varilla de tierra.

Figura 76

Ausencia de puesta a tierra



Fuente: (El autor)

En la Figura 77 se muestra el sistema puesto a tierra actual que se implementó en el nuevo sistema eléctrico con un conductor calibre # 6 cumpliendo con la Norma NEC el cual indica que el conductor debe ser igual o mayor al conductor de alimentación en tablero eléctrico para las aulas educativas.

Figura 77
Puesta a tierra implementada



Fuente: (El autor)

3.4. Resultados obtenidos y mediciones

En el presente proyecto una vez terminado la implementación de luminarias, tomacorrientes, cambio de conductores y distribuyendo correctamente el tablero eléctrico de distribución por cada circuito se procede a realizar las siguientes mediciones para obtener los resultados en la implementación realizada:

- Voltaje en tablero eléctrico principal
- Voltaje en tomacorrientes
- Corriente total de las 4 aulas
- Corriente de iluminarias por cada aula

- Medición de luxes por aula
- Medición de puesta a tierra

3.4.1. Medición de voltaje en tablero eléctrico principal

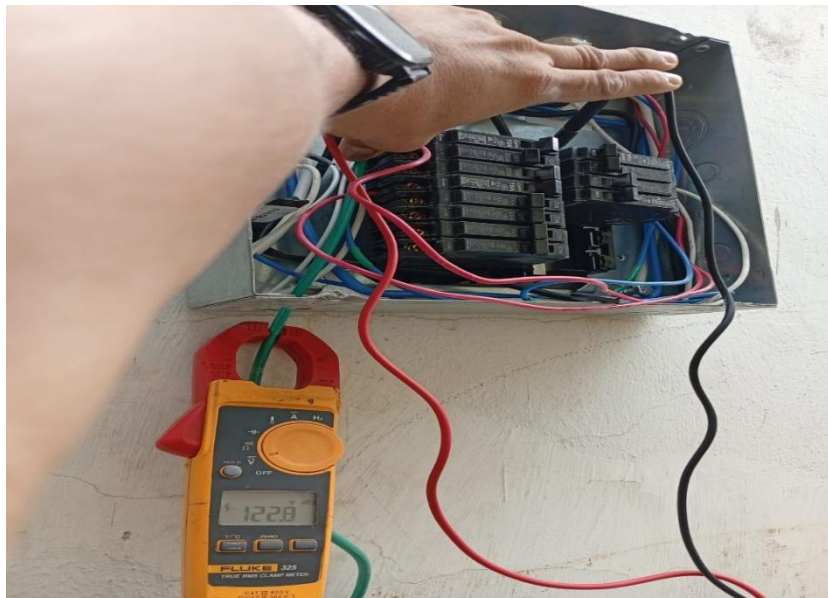
Como parte de verificación se realizó la medición de voltaje en tablero eléctrico principal para confirmar que el suministro cumple con los valores nominales establecidos y no presenta caídas significativas antes de la distribución de circuitos, esta medición se realiza con un multímetro permitiendo asegurar un sistema eléctrico estable y seguro y así evitar problemas en el funcionamiento de las protecciones y equipos instalados, en la Figura 78 se observa el voltaje en tablero de distribución de fase 1 y neutro, en la Figura 79 se muestra voltaje de fase 2 y neutro y en la Figura 80 se mide voltaje de fase 1 y 2.

Figura 78
Voltaje fase 1 y neutro



Fuente: (El autor)

Figura 79
Voltaje fase 2 y neutro



Fuente: (El autor)

Figura 80
Voltaje fase 1 y 2



Fuente: (El autor)

En la Tabla 41 se presenta los datos de mediciones obtenidos en la medición de voltaje en tablero principal

Tabla 41

Datos de voltaje en tablero de distribución

MEDICION DE VOLTAJE EN TABLERO DISTRIBUCION	
FASE 1 Y NEUTRO	123,1 V
FASE 2 Y NEUTRO	122,8 V
FASE 1 Y 2	240,2 V

Fuente: (El autor)

3.4.2. Voltaje en tomacorrientes

Se efectuó la medición de voltaje en tomacorrientes distribuidos en las aulas con el fin de verificar que cada punto de suministro entregara un voltaje dentro de los rangos permitidos por la normativa, en la Figura 81 se midió el voltaje de toma corriente en el aula 1, se evidencia que está dentro de los rangos establecidos.

Figura 81

Voltaje en tomas corrientes aula 1



Fuente: (El autor)

En el aula 2 se procede a medir el voltaje de acuerdo a la Figuras 82,83 y 84 como indica el multímetro, se tiene que también cumple los rangos establecidos

Figura 82

Voltaje en tomas corrientes aula 2



Fuente: (El autor)

Figura 83

Voltaje en tomas corrientes aula 3



Fuente: (El autor)

Figura 84
Voltaje en tomas corrientes aula 4



Fuente: (El autor)

En la Tabla 42 se presenta un resumen de los datos en las mediciones obtenidos en la medición de voltaje en tomas corrientes por aulas.

Tabla 42
Datos de voltaje en tomas corrientes

AULAS	VOLTAJE TOMAS	VOLTAJE TABLERO DISTRIBUCION	DIFERENCIA	PORCENTAJE	¿Cumple ($\leq 3\%$)?
AULA 1	122,9	123,1	0,2	0,16%	SI
AULA 2	122,8	123,1	0,3	0,24%	SI
AULA 3	122,4	123,1	0,7	0,57%	SI
AULA 4	121,4	123,1	1,7	1,38%	SI

Fuente: (El autor)

3.4.3. Corriente de luminarias

Se procedió a medir por medio de un multímetro la corriente total de todas las luminarias, en la Figura 85 indica la corriente total de luminarias.

Figura 85
Corriente en iluminarias fase 1



Fuente: (El autor)

En la Tabla 43 indica las mediciones de corriente por cada aula en la iluminación.

Tabla 43

Datos de corriente en iluminarias

AULAS	# LUMINARIAS	CORRIENTE
AULA 1	6	1,82
AULA 2	6	1,85
AULA 3	6	1,88
AULA 4	6	1,92
TOTAL	24	7,47

Fuente: (El autor)

3.4.4. Medición de luxes del sistema de iluminación actual

Se realizó la medición de luxes en cada aula tomando varios puntos en el área de cada una de ellas para sacar los luxes medios por medio de un luxómetro para medir los lúmenes, se elaboró una tabla con varias mediciones y se pone las imágenes que se ajustan a un punto medio en la medición de luxes, en la Tabla 44 indica las mediciones realizadas.

Tabla 44*Medición de luxes medio*

AULAS	M1	M2	M3	M4	M5	M6	LUXES MEDIO	IMAGEN
AULA 1	345	415	410	300	298	311	346,50	
AULA 2	411	428	378	279	317	380	365,50	
AULA 3	415	410	300	301	304	396	354,33	
AULA 4	418	396	346	298	344	279	346,83	

Fuente: (El autor)

En la Tabla 45 indica la medición de luxes del antes y el después en el sistema de iluminación en las 4 aulas el cual con el sistema eléctrico implementado cumple con la normativa UNE -EN- 12464 que establece que 300 lux promedio

Tabla 45

Medición de luxes antes y después

AULA	LUXES ANTES	MEDICION LUXES ANTES	LUXES ACTUAL	MEDICION LUXES ACTUAL
1	114		345	
2	76		378	
3	91		396	
4	113		346	

Fuente: (El autor)

3.4.5. Medición de sistema puesta a tierra

En la medición de puesta a tierra se implementó una varilla de cobre alta camada de 5/8 x 2,50 m se instaló en el tablero principal, para la respectiva medición no se contaba con un telurómetro el cual se midió por medio de una carga con un foco incandescente de 100 w y conectado la fase con tierra, se procede a medir el voltaje entre fase y tierra y luego la corriente para calcular la resistencia por ley de ohm, en la Figura 86 indica el voltaje medido y la Figura 87 indica la corriente.

Figura 86

Voltaje entre fase y tierra



Fuente: (El autor)

Figura 87

Corriente medida



Fuente: (El autor)

De acuerdo a estos datos se calcula mediante la fórmula de ley de ohm la resistencia, se tiene la siguiente formula:

$$R = \frac{V}{I} \quad (1)$$

Donde:

R= Resistencia

V= Voltaje

I: Corriente

En la Tabla 46 se tiene los resultados de las mediciones obtenidas para el sistema puesta a tierra en el sistema eléctrico implementado

Tabla 46

Resultados de mediciones puesta a tierra

Voltaje	corriente	ohmios	¿cumple < 25 ohmios?
45,2	2,11	21,42	si

Fuente: (El autor)

Con este resultado se cumple a la normativa NEC Ecuatoriana el cual establece que la puesta a tierra no debe sobrepasar los 25 ohmios.

Por seguridad para los niños se puso un tubo PVC y una tapa en el sistema puesta a tierra en la Figura 88 se muestra como quedo protegida la puesta a tierra.

Figura 88
Protección de puesta a tierra



Fuente: (El autor)

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- La repotenciación del sistema eléctrico permitió cumplir con las normativas vigentes mencionadas en este proyecto garantizando una instalación más segura con protecciones adecuadas por cada aula, conductores dimensionados correctamente y una correcta distribución de cargas en las aulas.
- Los cálculos de iluminación y potencia demostraron rediseñar los circuitos y sustituir luminarias ineficientes por equipos normalizados, se obtuvo un mejor aprovechamiento de la energía eléctrica, reduciendo pérdidas y caídas de tensión por debajo de los valores permitidos.
- La implementación de tableros eléctricos con 12 breakers distribuidos en 4 aulas (3 por aula), permitió sectorizar la instalación mejorando la continuidad del servicio y evitando sobrecargas en los conductores y dispositivos de protección
- Los resultados de mediciones de voltaje en tableros y tomacorrientes evidenciaron que después de la repotenciación se obtuvo una mayor estabilidad en la tensión suministrada lo que incrementa la vida útil de los equipos eléctricos y electrónicos utilizados en las aulas.
- Se cumplió con la iluminación requerida en la normativa UNE que establece un mínimo de 300 lux en el entorno escolar para mejor confort en los estudiantes.
- El proyecto constituye un aporte significativo al mejoramiento de la infraestructura educativa demostrando la aplicación de conocimientos aprendidos en la Universidad Rumiñahui, contribuyendo a un entorno escolar seguro y eficiente

4.2. Recomendaciones

- Establecer un plan de mantenimiento preventivo eléctrico anual y semestral que incluya inspección de tableros, protecciones, tomacorrientes y luminarias con el fin de asegurar el buen estado de la instalación y prevenir fallas.
- Brindar capacitación básica al personal docente y administrativo sobre el uso adecuado de tomacorrientes, cargas conectadas y la importancia de no realizar conexiones improvisadas como se encontraron en las aulas.
- Considerar a futuro un sistema fotovoltaico como alternativa sostenible aprovechando la radiación solar disponible en Machala para reducir costos de energía y fomentar la conciencia ambiental en la comunidad educativa.

Bibliografía

- Alvarado,J.(2023).¿Quéson los interruptores eléctricos? Obtenido de <https://www.ferrovial.com/es/stem/interruptores/>
- Bernal, E. (2020). *TÉCNICO EN INSTALACIONES ELECTRICAS RESIDENCIALES*. Institucion educativa Inem Jorge Isaac de Cali. Obtenido de <https://s84652cae0d317220.jimcontent.com/download/version/1600990005/module/14364211632/name/ELECTRICISTA%20RESIDENCIAL%20grado%2011-CONDUCTORES%20ELECTRICOS.pdf>
- Cango, C., & Pichocagon, C. (2020). *Diseño de un manual para el diseño y mantenimeitno de malla puesta a tierra*. Tesis de pregrado; [Repositorio EPN], Escuela Politecnica Nacional. Obtenido de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/8524/3/CD-1944.pdf>
- Casado , A. (2021). *Dimensionamiento de instalaciones electricas en edificios de oficina y alamacen de poroductos farmaceuticos*. Obtenido de https://oa.upm.es/14984/1/PFC_Alvaro_Casado_Portuondo.pdf
- Castillo, j. (2024). *Factores adicionales, tales como aspectos estéticos*. Obtenido de <https://www.studysmarter.es/resumenes/estudios-de-arte/estetica-y-belleza-en-el-arte/elementos-esticos/>
- dynamicenergy. (2024). *Alta, media y baja tensión ¿Sabes la diferencia?* Obtenido de dynamicenergy: <https://dynamicenergy.com.ar/noticias/alta-media-y-baja-tension-sabes-la-diferencia/>
- electricistas. (2021). *Como armar un tablero principal eléctrico*. Obtenido de <https://electricistas.cl/como-armar-un-tablero-principal-electrico/>
- Farina , L. (2022). *Tableros eléctricos*. Obtenido de https://editores.com.ar/sites/default/files/ie341_farina_tableros.pdf

ferrovial. (2022). *¿Qué es la corriente eléctrica?* Obtenido de ferrovial: <https://www.ferrovial.com/es/stem/corriente-electrica/>

fundacionendesa. (2023). Obtenido de fundacionendesa: <https://www.fundacionendesa.org/es/educacion/endesa-educa/recursos/corrientes-alternas-con-un-transformador-electrico>

geo. (2020). *Generación y distribución de energía*. Obtenido de geo: <https://geo-x.cl/blog/que-es-la-diferencia-de-potencial/>

Gomez, R., & Ayala, L. (2021). Componentes de la luz: factores esenciales en los espacios. *Dialnet*, 15(23). Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/9182599.pdf>

Grlum. (2021). Obtenido de Grlum: <https://grlum.dpe.upc.edu/manual/sistemasIluminacion-luminarias-componentes.php>

Grupoindustronic. (2022). *Importancia de un sistema UPS para la continuidad educativa*. Obtenido de Grupoindustronic: <https://grupoindustronic.com/importancia-de-un-sistema-ups-en-el-sector-educativo/#:~:text=La%20red%20el%C3%A9ctrica%20es%20esencial,actividades%20acad%C3%A9micas%20en%20las%20escuelas>.

Guao. (2023). *Resistencias electricas*. Obtenido de Guao: https://www.google.com/search?ei=9rBhNqNJaTJwt0PvsamgAc&gs_lp=Egxnd3Mtd2l6LXNlc nAiFnF1ZSBlcYByZXNpdGVuY2lhcYBwZGYyBxAAGIAEGA0yBhAAGBYHHjIGEAAyFhg eMgYQABgWGB4yBhAAGBYHHjIGEAAyFhg eMgYQABgWGB4yBRAAGO8FMgUQABj vBTIFEAAy7wVI6QtQgAJYhg dwAXgBkAEAmAGVAaABrgSqAQMw

habitatyvivienda. (2024). Obtenido de habitatyvivienda: <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/documentos-normativos-nec-norma-ecuatoriana-de-la-construccion/>

Icaen. (2021). *¿Qué es la electricidad?* Obtenido de Icaen: https://icaen.gencat.cat/es/energia/formes/electricitat/que_es/index.html

jdelectricos. (2023). *jdelectricos*. Obtenido de <https://jdelectricos.com.co/conexion-a-tierra/>

Lopez, D. (2021). *Circuito Serie y Circuito Paralelo*. Obtenido de San Juan: <http://educacion.sanjuan.edu.ar/mesj/LinkClick.aspx?fileticket=e182AnsYt1g%3D&tabid=678&mid=1743>

ludusglobal. (2022). Obtenido de ludusglobal: <https://www.ludusglobal.com/blog/elementos-que-componen-la-toma-de-tierra>

Malitaxi, J. (2023). *REDISEÑO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN LA UNIDAD EDUCATIVA ANTONIO ANTE SEDE PRINCIPAL*. Tesis de pregrado,[Repositorio UTN], UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE , Ibarra. Obtenido de <https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/15045/2/04%20MEL%20220%20TRABAJO%20GRADO.pdf>

Martinez, E. (2022). *Uapa*. Obtenido de <https://uapa.cuaed.unam.mx/sites/default/files/minisite/static/5d4223c4-28e5-4885-a27f-04bf4470c29d/Tipos-de-Acometidas-para-la-Instalacion-Electrica/index.html>

odircertificaciones. (2025). *Seguridad Eléctrica en Colegios - La Clave para Proteger a Estudiantes y Docentes*. Obtenido de odircertificaciones: <https://www.odircertificaciones.com/publicaciones/blog/seguridad-electrica-en-colegios-la-clave-para-proteger-a-estudiantes-y-docentes>

Pallo , E. (2022). *Desarrollo De Un Método Para Estimar Las Condiciones Actuales De Los Sistemas Eléctricos En Los Bloques Beta, Gamma, Delta Del Instituto Superior Tecnológico María Natalia Vaca - Sede Secap Zona 3 Para El Rediseño De Las Instalaciones Eléctricas*. Tesis

de Maestria, [Repositorio UTC], Universidad Tecnica de Cotopaxi, Latacunga, Obtenido de <https://repositorio.utc.edu.ec/server/api/core/bitstreams/2bf351d8-a41e-437e-9a23-c4ef190613b9/content>

Parra, D. (2021). *Repotenciación del sistema eléctrico de las aulas 7, 8 y 9 de las ESFOT*. Tesis de pregrado; [Repositorio EPN], Escuela Politécnica Nacional, Quito. Obtenido de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/21919/1/CD%2011403.pdf>

Pepeenergy. (2025). *¿Qué es una instalación eléctrica?* Obtenido de Pepeenergy: <https://www.pepeenergy.com/blog/glosario/definicion-instalacion-electrica/>

Pillajo, F. (2017). *Rediseño de las instalaciones eléctricas en la escuela fiscal mixta Juan Genaro Acosta*. Tesis de pregrado, [Repositorio EPN], Escuela Politécnica Nacional, Quito. Obtenido de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/17043/1/CD-7626.pdf>

portalacademico. (2022). *Ley de Ohm*. Obtenido de /portalacademico: <https://portalacademico.cch.unam.mx/cibernetica1/implementacion-de-circuitos-logicos/ley-de-ohm>

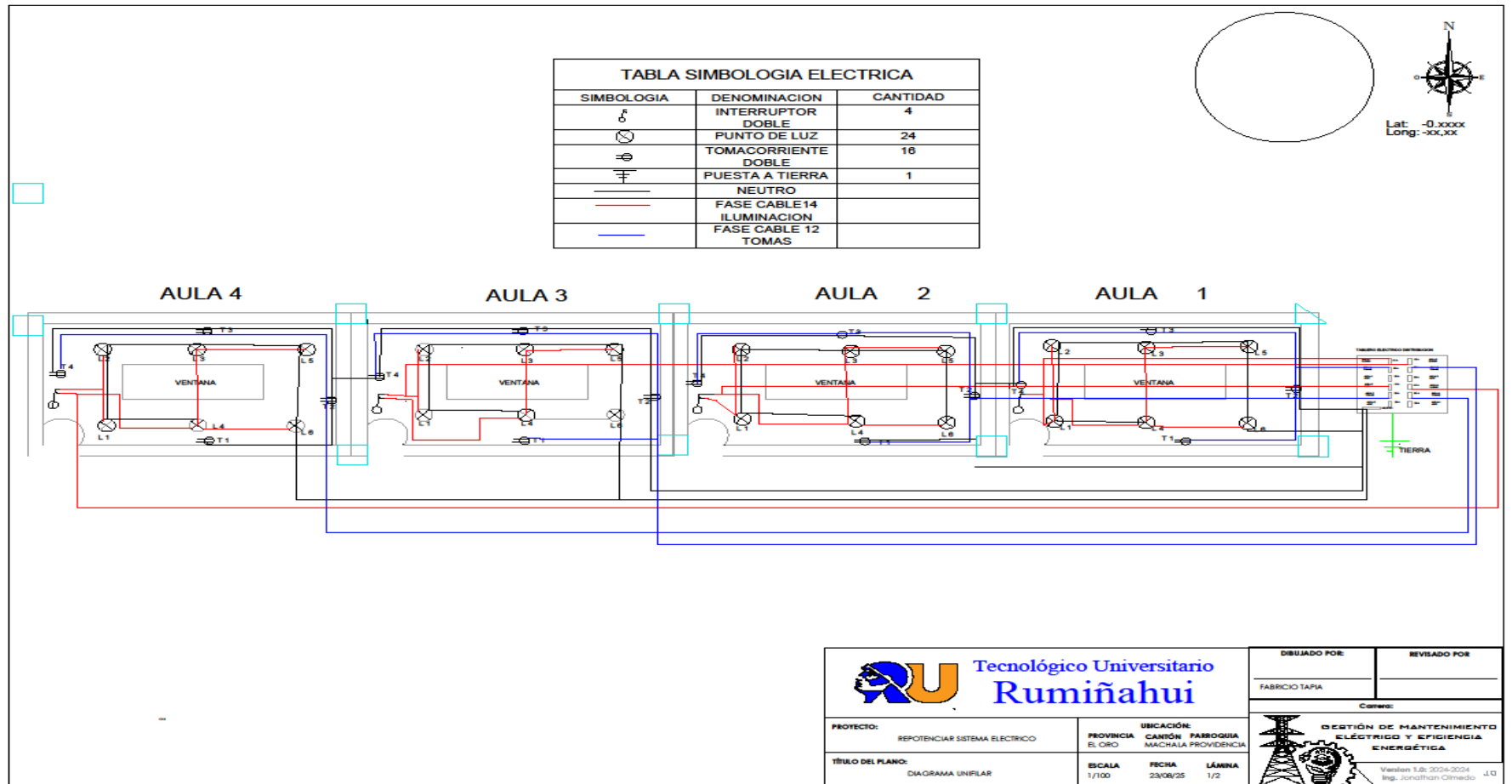
Torres, R. (2020). *Chint*. Obtenido de https://www.interempresas.net/FeriaVirtual/Catalogos_y_documentos/206574/B02-Catalogo-tecnico---Interruptores-en-Caja-Moldeada.pdf

Valdez, M., Delgado, J., Rodríguez, R., & Hernández, L. (2023). Sistema de medición del color como parámetro de calidad en la industria de alimentos. *temas agrarios*. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/9422257.pdf>

Villa, S., & Inga, L. (2010). *Diseño puesto a tierra zona de cancha colegio Domigino Monin*. Tesis de pregrado [Repositorio UPS], Universidad Politécnica Salesiana. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/2113/13/UPS-GT000146.pdf>

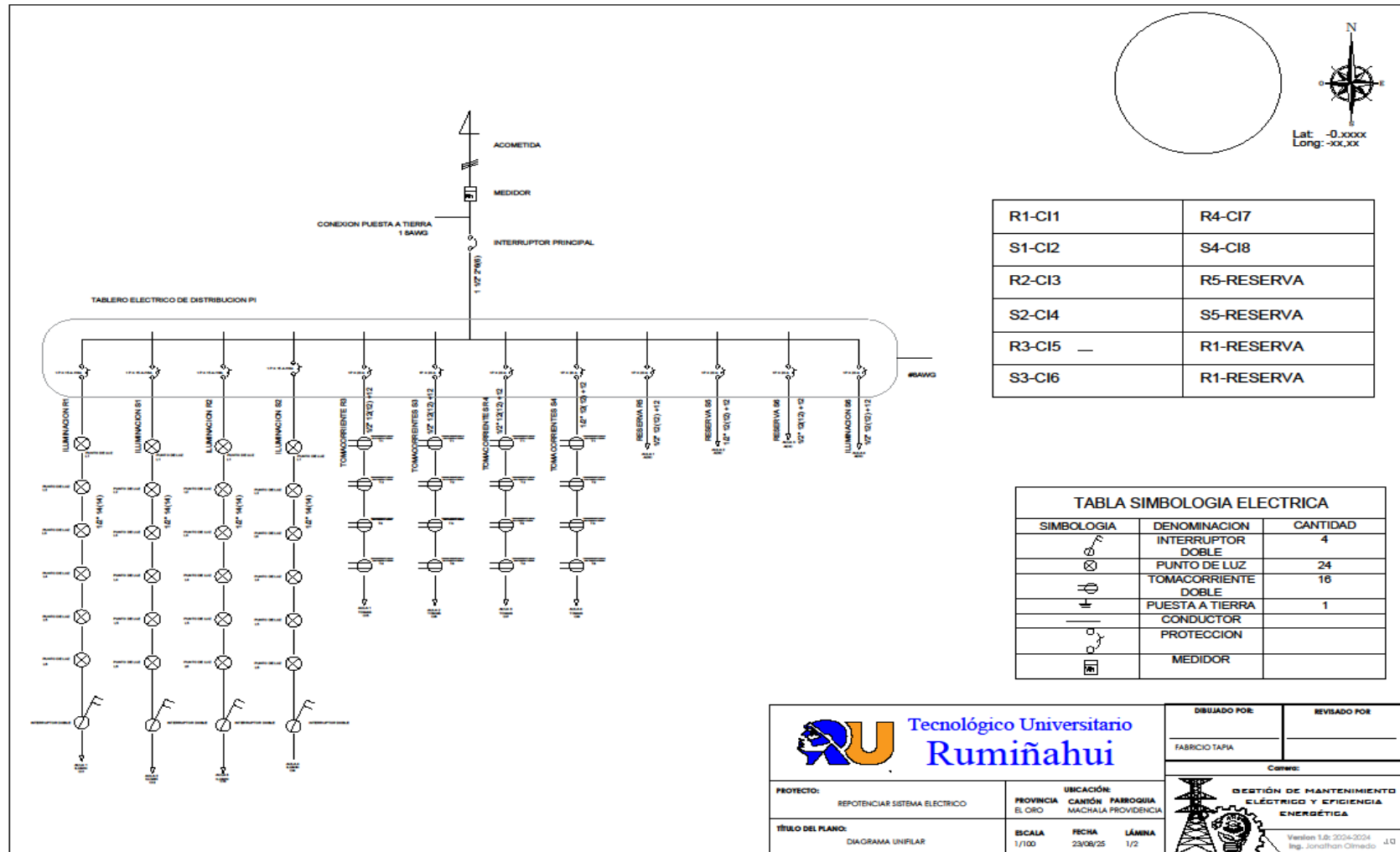
ANEXOS

Anexo A. Plano eléctrico



Fuente: (El autor)

Anexo B. Diagrama Unifilar



Fuente: (El autor)

Anexo C. Acta de entrega

Ministerio de Educación	
	UNIDAD EDUCATIVA "ENRIQUETA DE WIND DE LANIADO" Machala - El Oro Ecuador Dirección: AV. PRINCIPAL ENTRE AV. 4TA Y AV. 5TA. Construcción del plantel: 7-11-1991 CÓDIGO AMIE: 071002029 - DISTRITO: 07002 - CORREOS: 071000229@educ.mec.gov.ec Teléf. 2104-575 NUESTRO COMPROMISO CON LA EDUCACIÓN, NOS IMPULSA A SER CADA DÍA MEJORES

Machala, 20 DE AGOSTO 2025
Cert. 008-UE-EDWINDL-2025

A petición verbal de la parte interesada en legal forma:

Yo, Maritza Cristina Quezada Fajardo con C.I. 0702029307. En calidad de directora de la Unidad Educativa Enriqueta de Wind de Laniado, ubicada en la siguiente dirección: Avenida principal entre Avenida cuarta y Avenida quinta de la Ciudadela Los Vergeles parroquia La Providencia del cantón Machala provincia de El Oro. Por medio del presente dejo en constancia que el Sr. Fabricio Manuel Tapia Loaiza con C.I. 0703209353, estudiante del Instituto Tecnológico Universitario "Rumiñahui", culminó el proyecto de Titulación: **Repotenciación del Sistema Eléctrico y de Iluminación en la Unidad Educativa Enriqueta de Wind de Laniado, de la Ciudadela Los Vergeles parroquia la Providencia**, habiendo cumplido fielmente a la propuesta y características ofertadas sin contratiempos y a cabalidad.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad permitiendo a la persona interesada hacer uso del presente documento en lo que creyere conveniente dentro de los límites legales.

Muy atentamente,


Lic. Maritza Quezada Fajardo Msc.
DIRECTORA DE U.E. ENRIQUETA DE WIND DE LANIADO
C.I: 0702029307
Email: 071000229@educ.mec.gov.ec



Fuente: (El autor)

Anexo D. Link de video

[VID_20250822_103844.mp4](#)