

Pregrado

Carrera: Electricidad

Asignatura (UIC): Desarrollo de proyectos eléctricos

Trabajo de titulación previo a la obtención del

Título en: Tecnólogo Superior en Electricidad

**Tema: Diseño e Implementación del Sistema Eléctrico
de Iluminación y Fuerza, de 6 aulas en la Unidad
Educativa Alejandro Andrade Coello.**

Autor/s:

Carlos Felipe Columba Tibanta

José Darío Proaño Querido

Tutor Metodológico: Ing. Diego Pichoasamin

Tutor Técnico: Ing. Diego Pichoasamin

Fecha: 28 de febrero de 2025

Autor:



Carlos Felipe Columba Tibanta

Título a obtener: Tecnólogo Superior en Electricidad

Matriz: Sangolquí -Ecuador

Correo electrónico: carl22_86@hotmail.com

Autor:



José Darío Proaño Querido

Título a obtener: Tecnólogo Superior en Electricidad

Matriz: Sangolquí -Ecuador

Correo electrónico: darprodj2@hotmail.com

Dirigido por:



Pichoasamin Morales Diego Fernando

Título: Ing. Electrónica en Automatización y Control

Matriz: Sangolquí -Ecuador

Correo electrónico: diego.pichoasamin@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.

©2024 Tecnológico Universitario Rumiñahui SANGOLQUÍ – ECUADOR
COLUMBA TIBANTA CARLOS FELIPE

***Diseño del sistema eléctrico de Iluminación y Fuerza de la Unidad Educativa
Alejandro Andrade Coello e implementación de 6 aulas.***

CARTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CT-ANX-2025-ISTER-2-2.2

Sangolquí, 07 de marzo 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, Carlos Felipe Columba Tibanta declaro y acepto en forma expresa lo siguiente: Ser autor del trabajo de titulación denominado **Diseño del sistema eléctrico de Iluminación y Fuerza de la Unidad Educativa Alejandro Andrade Coello e implementación de 6 aulas**, de la Tecnología Superior en Electricidad; 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,



CARLOS FELIPE COLUMBA TIBANTA
C.I.: 1720233657

CARTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CT-ANX-2025-ISTER-2-2.2

Sangolquí, 10 de marzo 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, José Dario Proaño Querido, declaro y acepto en forma expresa lo siguiente: Ser autor del trabajo de titulación denominado “Diseño del sistema eléctrico de Iluminación y Fuerza de la Unidad Educativa Alejandro Andrade Coello e implementación de 6 aulas.”, de la Tecnología Superior en Electricidad; 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;



José Dario Proaño Querido
C.I.: 1719902478

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

CT-ANX-2025-ISTER-3

CARRERA:
TECNOLOGIA SUPERIOR EN ELECTRICIDAD

AUTOR /ES:
CARLOS FELIPE COLUMBA TIBANTA
JOSE DARIO PROAÑO QUERIDO

TUTOR (METODOLÓGICO Y ACADÉMICO):
ING. DIEGO PICOASAMIN

CONTACTO ESTUDIANTE:
0982591537
0999912516
CORREO ELECTRÓNICO:
Carl22_86@hotmail.com
Darprodj2@hotmail.com

TEMA: DISEÑO DEL SISTEMA ELECTRICO DE ILUMINACION Y FUERZA DE LA
UNIDAD EDUCATIVA ALEJANDRO ANDRADE COELLO E IMPLEMENTACION DE
6 AULAS

OPCIÓN DE TITULACIÓN:
UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

RESUMEN EN ESPAÑOL:

Para la Unidad Educativa Alejandro Coello, es esencial contar con un sistema de iluminación y fuerza que cumpla con las normativas vigentes, como la norma NEC. Para que los estudiantes tengan una perspectiva visual cómoda en su aprendizaje, Con un sistema funcional de Iluminación acorde a la normativa garantizando que aquellos espacios donde la luz solar no llega, debido al clima tan cambiante, que nos permita encender las luces cuando sea necesario. Por lo que abordamos las necesidades de esta Unidad Educativa, mediante la creación e implementación de un proyecto cuyo objetivo principal es diseñar e implementar un sistema de iluminación y fuerza de 6 aulas de la unidad educativa. Todo lo que proponemos está basado en normativas nacionales e internacionales vigentes para cumplir

MATRIZ SANGOLQUÍ: Av. Atahualpa 1701 y 8 de Febrero

Telf: 0960052734 / 023524576 / 022331628

 www.ister.edu.ec / info@ister.edu.ec

con los requisitos establecidos.

Este proyecto beneficiará a los estudiantes actuales y a las futuras generaciones, asegurando que las aulas cuenten con una buena iluminación, ya que se ajustan a las normativas y se diseñaron de acuerdo a ellas. Se realizaron pruebas de lúmenes, simulaciones con Dialux y cálculos de protecciones para garantizar un funcionamiento óptimo, confort en las aulas, y seguridad al entrar en ellas. Todo esto se ha hecho con una carga ideal que coincide con los parámetros calculados para estas instalaciones, cumpliendo con las normativas propuestas.

Palabras claves: Diseño, Iluminación, Instalación, Lúmenes, simulación en Dialux

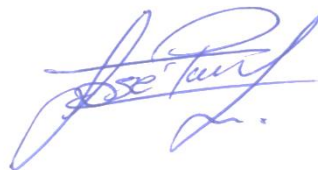
For Alejandro Coello School, it is essential to have a lighting and power system that complies with current regulations, such as the NEC standard. This ensures that students have a comfortable visual perspective while learning. A functional lighting system complies with regulations ensures that spaces where sunlight does not reach due to the ever-changing climate can be turned on when needed. Therefore, we addressed the needs of this school by creating and implementing a project whose main objective is to design and implement a lighting and power system for six classrooms. Everything we propose is based on current national and international regulations to meet the established requirements.

This project will benefit current students and future generations by ensuring that the classrooms are well-lit, as they comply with regulations and were designed accordingly. Lumen testing, Dialux simulations, and safety guard calculations were conducted to ensure optimal performance, comfort in the classrooms, and safety upon entering. All of this has been done with an ideal load that matches the parameters calculated for these facilities, complying with the proposed regulations.

Keywords: Design, lighting, installation, lumens, Dialux simulation



Firma del Estudiante (AUTOR)
CARLOS FELIPE COLUMBA TIBANTA
C.I.: 1720233657



Firma del Estudiante (AUTOR)
JOSE DARIO PROAÑO QUERIDO
C.I.:1719902478

SOLICITUD DE PUBLICACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CT-ANX-2025-ISTER-4

Sangolquí, 15 de marzo del 2025

Sres.-

INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO RUMIÑAHUI CON CONDICIÓN DE UNIVERSITARIO

Presente

Yo CARLOS FELIPE COLUMBA TIBANTA, con C.I.: 1720233657 alumno de la Carrera TECNOLOGIA SUPERIOR EN ELECTRICIDAD 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

CARLOS FELIPE COLUMBA TIBANTA

C.I.: 1720233657

SOLICITUD DE PUBLICACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CT-ANX-2025-ISTER-4

Sangolquí, 10 de marzo del 2025

Sres.-

INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO RUMIÑAHUI CON CONDICIÓN DE UNIVERSITARIO

Presente

Yo, JOSÉ DARIO PROAÑO QUERIDO, con C.I.: 1719902478 alumno de la Carrera TECNOLOGIA SUPERIOR EN ELECTRICIDAD 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
JOSÉ DARIO PROAÑO QUERIDO
C.I.: 1719902478

MATRIZ SANGOLQUÍ: Av. Atahualpa 1701 y 8 de Febrero

Telf: 0960052734 / 023524576 / 022331628

 www.ister.edu.ec / info@ister.edu.ec

Dedicatoria:

Quiero dedicar con cariño este trabajo a Dios, quien me ha guiado con su fortaleza y la sabiduría para alcanzar una meta más en mi vida. Dedicarlo a mis padres, que, con su amor incondicional y ejemplo de superación, guiaron mis pasos desde que era muy pequeño, motivándome a seguir adelante, a no rendirme y a no darme por vencido, fijándome metas claras de superación, recordándome la frase: “Lo que se inicia se termina”, hoy puedo decir que lo he concluido con gran satisfacción.

Además, dedicarlo a mi fuente de inspiración, a la parte fundamental de mi vida, mi esposa Marcia, y a mis hijos Carlos y Micaela, quienes, con su cariño y paciencia, me han apoyado y creído en mí, convencidos de que lo lograría. También agradezco a todos aquellos que, de una forma u otra, contribuyeron a hacer realidad este sueño.

Carlos Columba

A Dios, origen de sabiduría y valentía, que ha dirigido mis etapas en esta trayectoria y me ha proporcionado la tenacidad para lograr este objetivo. Sin su cariño y sutileza nada podría prosperar.

A mi esposa Mery Avilés, mi amiga de toda la vida, por su respaldo sin reservas, su paciencia y su amor inalterable.

A mis hijos Alison y Jeremy que representan mi principal incentivo y motivo para continuar avanzando. Que este empeño les sirva como ejemplo de que, con compromiso y perseverancia, los sueños pueden convertirse en hechos reales y el único obstáculo para cumplirlos es el no intentarlo.

Darío Proaño

Agradecimientos:

Un agradecimiento enorme a mis padres por siempre estar a mi lado, apoyándome en cada paso. A mis hermanos, gracias por ser esa voz de aliento que me impulsa a seguir adelante. A mi esposa e hijos, por su apoyo incondicional y paciencia ya que nunca me han dejado solo y siempre han creído en mí, motivándome a alcanzar esta meta. Agradecer a Dios por regalarme un día más vida, por su sabiduría y fortaleza por encaminarme hacia un nuevo logro académico. Este sueño es también el de mi familia, que ha depositado su confianza, bendiciones y oraciones en mí, y, por supuesto, un agradecimiento especial a nuestros profesores y tutores por su paciencia y por guiarnos a lo largo de este proceso.

Carlos Columba

Al concluir este trabajo de grado deseo manifestar mi más sincero agradecimiento a todos aquellos que, de alguna forma u otra, fueron parte de este proceso. Primero, le agradezco a Dios por brindarme la valentía y la tenacidad requerida para iniciar y finalizar esta fase de mi vida. A mi esposa Mery, quien ha sido mi mayor respaldo en este recorrido, su paciencia, amor, y entendimiento han jugado un papel crucial en cada instante de empeño y compromiso. Agradezco que estuvieras a mi lado durante las extensas noches de estudio, que me impulsaste cuando las adversidades parecían insuperables y que confiaste en mí incluso cuando sentía decaer. A mis hijos Alison y Jeremy, por su incansable incentivo y respaldo incondicional, su credibilidad en mí han jugado un papel crucial en este proceso. A mis docentes y mentores, que con su orientación y saberes me han proporcionado las herramientas requeridas para finalizar exitosamente este trabajo. Por último, a mi compañero de proyecto por el gran trabajo en equipo. Muchas gracias a todos.

Darío Proaño

Resumen:

Para la Unidad Educativa Alejandro Coello, es esencial contar con un sistema de iluminación y fuerza que cumpla con las normativas vigentes, como la norma NEC. Para que los estudiantes tengan una perspectiva visual cómoda en su aprendizaje, Con un sistema funcional de Iluminación acorde a la normativa garantizando que aquellos espacios donde la luz solar no llega, debido al clima tan cambiante, que nos permita encender las luces cuando sea necesario. Por lo que abordamos las necesidades de esta Unidad Educativa, mediante la creación e implementación de un proyecto cuyo objetivo principal es diseñar e implementar un sistema de iluminación y fuerza de 6 aulas de la unidad educativa. Todo lo que proponemos está basado en normativas nacionales e internacionales vigentes para cumplir con los requisitos establecidos.

Este proyecto beneficiará a los estudiantes actuales y a las futuras generaciones, asegurando que las aulas cuenten con una buena iluminación, ya que se ajustan a las normativas y se diseñaron de acuerdo a ellas. Se realizaron pruebas de lúmenes, simulaciones con Dialux y cálculos de protecciones para garantizar un funcionamiento óptimo, confort en las aulas, y seguridad al entrar en ellas. Todo esto se ha hecho con una carga ideal que coincide con los parámetros calculados para estas instalaciones, cumpliendo con las normativas propuestas.

Palabras claves: Diseño, Iluminación, Instalación, Lúmenes, simulación en Dialux

Abstract:

For Alejandro Coello School, it is essential to have a lighting and power system that complies with current regulations, such as the NEC standard. This ensures that students have a comfortable visual perspective while learning. A functional lighting system complies with regulations ensures that spaces where sunlight does not reach due to the ever-changing climate can be turned on when needed. Therefore, we addressed the needs of this school by creating and implementing a project whose main objective is to design and implement a lighting and power system for six classrooms. Everything we propose is based on current national and international regulations to meet the established requirements.

This project will benefit current students and future generations by ensuring that the classrooms are well-lit, as they comply with regulations and were designed accordingly. Lumen testing, Dialux simulations, and safety guard calculations were conducted to ensure optimal performance, comfort in the classrooms, and safety upon entering. All of this has been done with an ideal load that matches the parameters calculated for these facilities, complying with the proposed regulations.

Keywords: Design, lighting, installation, lumens, Dialux simulation

Contenido

1	CAPITULO I	12
	INTRODUCCIÓN	12
1.1	Planteamiento del Problema	12
1.2	Justificación	12
1.3	Alcance	13
	Objetivos	14
1.4	Objetivos General	14
1.5	Objetivos Específicos.....	14
	CAPITULO II	15
2	MARCO TEÓRICO.....	15
2.1	Instalaciones Eléctricas.....	15
2.2	Principios Básicos de la Electricidad.....	15
2.3	Tipos de Corriente Eléctrica: Alterna y Continua.....	16
2.4	Leyes de Ohm y su aplicación en circuitos eléctricos.	18
2.5	Instrumentación y mediciones eléctricas	19
2.6	Instalaciones eléctricas.....	20
2.7	Fallos en las instalaciones eléctricas.....	20
2.8	Protecciones para las instalaciones eléctricas	20
2.9	Normativas vigentes de Instalaciones Eléctricas en el Ecuador	21
2.10	Estudios de demanda y factore de demanda	21
2.11	Instalación de puestas a tierra	21
2.12	Sistema de iluminación	22
2.13	Cálculo del número de luminarias	23
2.14	Circuito de fuerza.....	24
2.15	Factores de demanda.....	24
2.16	Calibre de Conductores.....	25
2.17	Iluminación y tomacorrientes	25
2.18	Determinación de los requerimientos del diseño de potencia.	26
2.19	Planos eléctricos.....	27
2.20	DIALux.....	27
2.21	AutoCAD	27
3	CAPITULO III.....	28

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN	28
3.1 Situación Inicial	28
3.1.1 Levantamiento de Información	28
3.1.2 Plano arquitectónico inicial del sistema eléctrico de la institución.....	29
3.1.3 Levantamiento de Cargas de Iluminación.....	30
3.1.4 Problemas detectados en cada una de las aulas.....	31
3.2 Diseño	34
3.2.1 Cálculo de iluminación.....	34
3.2.2 Método de Lúmenes	34
3.2.3 Ubicación de las lámparas.....	39
3.3 Simulación en DIALux.....	39
3.4 Dimensionamiento conductores y protecciones.....	42
3.4.1 Circuito de Iluminación.....	42
3.5 Cálculo de conductores para circuito de fuerza	44
3.5.1 Sistemas de Fuerza (tomacorrientes).....	44
3.6 Tableros de Distribución Principales	46
3.6.1 Plano de Circuito de Fuerza e Iluminación	49
3.7 Lista de materiales	56
3.1 Diseño de planos en AutoCAD.....	56
3.2 Instalación	58
3.2.1 Adaptaciones de instalación mecánica.....	58
4 CAPITULO IV.....	62
4.1 PRUEBAS, RESULTADOS Y DISCUSIÓN	62
4.2 Pruebas de funcionamiento	64
4.3 Niveles de iluminación	65
4.4 Variables eléctricas	66
5 CAPITULO V.....	67
5.1 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	67
5.1. Conclusiones.....	67
5.2. Recomendaciones	68
6 BIBLIOGRAFIA	69
7 ANEXOS	72

7.1	Acta de aceptación del proyecto de titulación	72
7.2	Acta de entrega y recepción del proyecto	74
7.3	Links de los videos de entrega e implementación	76
7.4	Registro fotográfico con la respectiva descripción	77

Índice de tablas

Tabla 1.	Instrumentos y Mediciones	19
Tabla 2.	Niveles de iluminación para centros educativos.....	23
Tabla 3.	Capacidad de protección en función del calibre del conductor	25
Tabla 4.	Factor de demanda	26
Tabla 5.	Tabla de cargas especiales	26
Tabla 6.	Tabla de Cargas de Iluminación	30
Tabla 7.	Tabla de Cargas de Fuerza	31
Tabla 8.	Tabla de imágenes de problemas detectados	32
Tabla 9.	Dimensiones de las Aulas	34
Tabla 10.	Luminosidad de las Aulas de 4 esquinas	34
Tabla 11.	Factor de reflexión	36
Tabla 12.	Tabla de Coeficiente de reflexión para las aulas a intervenir	36
Tabla 13.	Tabla de coeficientes para el factor de utilización.....	37
Tabla 14.	Factor de Mantenimiento	37
Tabla 15.	Numero de luminarias por aulas	39
Tabla 16.	Nivel de iluminación en cada Aula.....	42
Tabla 17.	Calibre de los Cables	42
Tabla 18.	Tabla de Circuitos de iluminación	43
Tabla 19.	Tablero del Circuito de Fuerza	45
Tabla 20.	Potencia total del Circuito TD1	46
Tabla 21.	Potencia total del Circuito TD2	47
Tabla 22.	Potencia total del Circuito TD3	47
Tabla 23.	Cálculo de las protecciones de los Circuitos de Iluminación	51
Tabla 24.	Cálculo de las protecciones de los Circuitos de Fuerza.....	52
Tabla 25.	Lista de Materiales.....	56
Tabla 26.	Tabla de imágenes de problemas detectados	62

Índice de figuras

Figura 1. Corriente Continua	17
Figura 2. Señal de corriente alterna	17
Figura 3. Ubicación Unidad Educativa Alejandro Cuello	28
Figura 4. Plano del levantamiento eléctrico inicial.....	29
Figura 5. Descripción de las lámparas led	38
Figura 6. Ubicación de las 6 Luminarias	40
Figura 7. Ubicación de las 3 luminarias.....	40
Figura 8. Ubicación de las 8 luminarias.....	41
Figura 9. Resultado de la Simulación	41
Figura 10. Amperajes que soportan el Cable de Cobre	48
Figura 11. Tuberías según los conductores eléctricos	49
Figura 12. Plano del Circuito de Fuerza e Iluminación	50
Figura 13. Diagrama Unifilar de Iluminación y Fuerza.....	53
Figura 14. Diagrama Unifilar de los circuitos de Iluminación y fuerza TDS1.....	54
Figura 15. Diagrama Unifilar de los circuitos de Iluminación y fuerza TDS2.....	55
Figura 16. Diagrama Unifilar de los circuitos de Iluminación y fuerza TDS3.....	55
Figura 17. Diagrama Unifilar de Iluminación y Fuerza a Implementar	57
Figura 18. Medición de tubería cortado y doblado	58
Figura 19. Instalación de tableros y cajetines nuevos.....	59
Figura 20. Instalación de tableros secundarios	59
Figura 21. Instalación de cajetines y tuberías	60
Figura 22. Iluminación de pasillos.....	60
Figura 23. Iluminación de las Aulas	61
Figura 24. Implementación de las Aulas.....	64
Figura 25. Implementación Luminarias nuevas.....	64

1 CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Planteamiento del Problema

En la Unidad Educativa Alejandro Coello, no existía un plano eléctrico global, y se encontraron instalaciones eléctricas en muy mal estado. Esto representaba un riesgo tanto para los usuarios como para la infraestructura. La unidad educativa contaba con un sistema eléctrico deficiente con tomacorrientes desconectados, quemados, rotos, sin tapas y cortocircuitados. La ausencia de un sistema eléctrico confiable y seguro dificultaba el desarrollo de las actividades educativas y formativas, poniendo en riesgo el bienestar de toda la comunidad educativa. Además, la falta de un mantenimiento adecuado en las instalaciones eléctricas no solo ocasionaba fallas constantes, sino que también representaba un gasto considerable a largo plazo debido a las reparaciones imprevistas. Esto afectaba directamente el ambiente en las aulas, ya que no se garantizaba un espacio seguro y adecuado para el aprendizaje. Con el desarrollo de este proyecto, toda la comunidad educativa del barrio El Tingo y sus alrededores se benefician, creando un entorno más seguro y favorable para el crecimiento y aprendizaje de todos.

1.2 Justificación

La implementación de un sistema eléctrico de iluminación y fuerza en la Unidad Educativa Alejandro Coello ha traído grandes beneficios para los estudiantes, profesores y padres de familia. Las instalaciones no contaban con un estudio de carga adecuado, ni con un sistema eléctrico que cumpliera con los estándares de seguridad y eficiencia necesarios para un ambiente educativo. Este proyecto no solo ha mejorado la seguridad física de todos los asistentes, sino que también ha hecho las aulas más cómodas y funcionales asegurando que cumplan con las normativas actuales, esto trae grandes beneficios a los estudiantes de la comunidad del Tingo y sus alrededores, mejorando su entorno de aprendizaje.

El sistema eléctrico en una escuela es clave para el buen desarrollo de los estudiantes y el correcto funcionamiento de las instalaciones. La mayoría de los centros educativos dependen de un sistema eléctrico eficiente para proporcionar energía a aulas, laboratorios, oficinas, áreas comunes, sistemas de iluminación, ventilación, calefacción, entre otros. Sin embargo, muchas veces, los sistemas eléctricos actuales son inadecuados, obsoletos e incluso representan un peligro constante a la integridad de los alumnos, el personal y la institución.

1.3 Alcance

Se diseñó e implementó un sistema eléctrico de iluminación y fuerza para seis aulas en la Unidad Educativa Alejandro Coello. Estas aulas tienen las siguientes dimensiones, cinco con dimensiones de 9x6 metros, sumando un total de 270 m², tres aulas de 8x6 metros que aportan 144 m², y un aula de 6x5 metros que añade 30 m², lo que da un área total de 444 m² para la sección del colegio, como son la Aulas de Dirección, las aulas de octavo “A”, “B” noveno “A”, “B”, décimo “A”, “B”, DECE y bachillerato.

El proyecto incluyó un estudio de carga eléctrica, desde el medidor hasta la caja de distribución principal, así como un análisis de carga por aulas o bloques y otras áreas específicas. Se elaboraron los planos en AutoCAD para la Unidad Educativa del Colegio Alejandro Coello, incluyendo el diagrama unifilar de iluminación y fuerza, además del dimensionamiento y cálculo de conductores y protecciones.

También se realizó un análisis utilizando el método de lúmenes y la simulación del sistema de iluminación en el programa Dialux.

Objetivos

1.4 Objetivos General

Implementar de un sistema eléctrico de iluminación y fuerza, acorde a las normativas vigentes, en la unidad educativa Alejandro Cuello, garantizando un entorno seguro y eficiente para el desarrollo de las actividades educativas.

1.5 Objetivos Específicos

- Realizar el levantamiento y análisis de las cargas existentes del sistema de iluminación y fuerza, para la elección correcta de los dispositivos de protección.
- Diseñar un sistema eléctrico eficiente y seguro de iluminación y fuerza mediante la utilización del programa Dialux y el método de lúmenes.
- Dimensionar los conductores mediante el estudio de la carga para la acometida principal del colegio y cargas especiales para la Unidad Educativa
- Elaborar planos eléctricos de iluminación y fuerza mediante la utilización del software Auto CAD.
- Realizar pruebas de funcionamiento a través de parámetros eléctricos, como la medición de voltajes, corrientes y caídas de tensión

CAPITULO II

2 MARCO TEÓRICO

2.1 Instalaciones Eléctricas

Conjunto de componentes que distribuyen y consumen el servicio de suministro eléctrico de manera segura y eficiente en un edificio o estructura" transmite que existe una red, a menudo llamada sistema de distribución eléctrica, que se compone de varios dispositivos. Estos dispositivos trabajan juntos para garantizar que la potencia eléctrica que se origina en una fuente de energía primaria, como la cuadrícula eléctrica, se dirige a diferentes áreas de una, comprende componentes como cables, cables, palancas, recortes, fusibles y enchufes eléctricos, que se vinculan con una sala de distribución de la cual se maneja la corriente eléctrica. Este marco tiene como objetivo suministrar energía a una variedad de dispositivos y aparatos, incluida la iluminación, los equipos domésticos y los equipos industriales, asegurando su funcionalidad adecuada de acuerdo con los rigurosos requisitos de seguridad. La configuración y el mantenimiento adecuados de estos dispositivos son vitales para disuadir los peligros eléctricos, garantizando una provisión de energía firme y perpetua para los requisitos diarios de los consumidores dentro de los hogares, las empresas y las zonas de fabricación (Alberca Jiménez y la pareja Montesdeoca, 2013).

2.2 Principios Básicos de la Electricidad

La electricidad es una de esas energías esenciales que forman parte de nuestro día a día. Se presenta a través del movimiento de electrones en un conductor, y lo hace de dos maneras: primero, con el flujo constante de electrones a través de un circuito, y segundo, con la acumulación de cargas eléctricas en una superficie. Según (Cevallos, 1996), para comprender los conceptos eléctricos, es esencial entender algunos principios básicos:

Carga Eléctrica: La carga eléctrica es una prioridad fundamental de la materia, que puede ser positiva o negativa. Los electrones tienen cargas negativas, mientras que los protones tienen carga positiva. La unidad básica de carga es el coulomb [C].

Corriente Eléctrica: La corriente eléctrica es el flujo ordenado de electrones a través de un conductor. Se mide en amperios [A]. La dirección de la corriente convencional es opuesta al flujo real de electrones (del polo positivo al negativo).

Voltaje: El voltaje o diferencia de potencial eléctrico, es la fuerza que impulsa a los electrones a través de un circuito. Se mide en voltios[V]. Una diferencia de voltaje crea un campo eléctrico que produce una corriente cuando se conecta un conductor entre dos puntos con diferentes potenciales.

Resistencia: La resistencia eléctrica es la oposición al flujo de corriente en un material. Se mide en ohmios [Ω]. Los materiales son alta resistencia se llaman aislantes, mientras que aquellos con baja resistencia se denominan conductores.

Ley de Ohm: La ley de Ohm establece que la corriente que fluye a través de un conductor es directamente proporcional al voltaje aplicado e inversamente proporcional a la resistencia del conductor. Matemáticamente, se expresa como

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

Donde I es la corriente, V es el voltaje, R es la resistencia.

Potencia Eléctrica: La potencia eléctrica es la cantidad de trabajo realizado por la corriente eléctrica en un período de tiempo dado. Se mide en vatios[W]. La potencia se calcula como el producto del voltaje por la corriente:

$$P = V \cdot I$$

(Cevallos,1996)

Estos principios básicos proporcionan la base para comprender los conceptos más avanzados en electricidad y son fundamentales para el diseño y la implementación de instalaciones eléctrica en cualquier entorno, incluida en el objeto de nuestra investigación.

2.3 Tipos de Corriente Eléctrica: Alterna y Continua

La electricidad se presenta en dos formas principales: corriente continua (CC) y corriente alterna (CA). “Estos dos tipos de corriente tienen características distintas y se utilizan en una variedad de aplicaciones según sus propiedades específicas.

La corriente continua es un flujo constante de electrones en una sola dirección a través de un conductor invariablemente, como se observa en la Figura 1, esta corriente tiene un voltaje constante y una polaridad fija.

La corriente continua es producida por fuentes de energía como baterías, pilas y paneles solares. Es ampliamente utilizada en dispositivos electrónicos portátiles, sistemas de alimentación de emergencia y aplicaciones donde se requiere un suministro de energía constante y estable” (Farina, 2020).

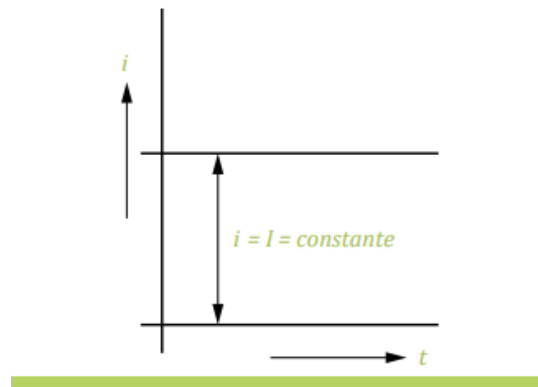


Figura 1. Corriente Continua

Fuente:(Farina,2020)

“Por otro lado, la corriente alterna (CA) es un flujo de electrones que cambia de dirección de manera periódica, oscilando entre valores positivos y negativos, como se muestra en la Figura 2. En un circuito de corriente alterna, la polaridad del voltaje se invierte regularmente, creando un ciclo de corriente que se repite a una frecuencia específica. La corriente alterna es la forma de energía eléctrica más comúnmente utilizada para la distribución de energía a gran escala, ya que se puede transmitir de manera eficiente a largas distancias gracias a los transformadores. Además, es el tipo de energía que la mayoría de los hogares y edificios comerciales reciben de la red eléctrica convencional. Este tipo de corriente es especialmente adecuado para aplicaciones que requieren alta potencia, como electrodomésticos, sistemas de iluminación y maquinaria industrial” (Silvester, 2017).



Figura 2. Señal de corriente alterna

Fuente: (Dorf & Svoboda, 2011)

2.4 Leyes de Ohm y su aplicación en circuitos eléctricos.

“Las Leyes de Ohm son principios clave en la teoría eléctrica que nos ayudan a entender la relación entre el voltaje, la corriente y la resistencia en un circuito eléctrico. Estas leyes son fundamentales para analizar cómo funcionan los circuitos eléctricos en diversas aplicaciones.” (Calderón, 2016).

“La primera ley de Ohm nos dice que la corriente que pasa a través de un conductor es directamente proporcional al voltaje aplicado e inversamente proporcional a la resistencia del conductor. En términos matemáticos, esto se expresa en la Ecuación (2) mencionada anteriormente. En otras palabras, si mantenemos la resistencia constante, la corriente en un circuito aumentará a medida que suba el voltaje, y disminuirá si el voltaje se reduce” (Calderón, 2016).

“La segunda ley de Ohm nos indica que la potencia eléctrica que se disipa en un circuito es igual al producto de la corriente y el voltaje. Su fórmula, que ya se presentó en la Ecuación 3, muestra cómo el voltaje y la corriente están directamente relacionados. Esto significa que la potencia se incrementa cuando tanto el voltaje como la corriente aumentan.” (Calderón, 2016).

“Las leyes de Ohm tienen un amplio rango de aplicaciones en la teoría y práctica de la ingeniería eléctrica. Por ejemplo, en la industria, se utilizan para diseñar sistemas de iluminación, controlar motores, establecer sistemas de comunicación y en muchos otros dispositivos eléctricos.” (Calderón, 2016).

“Además, estas leyes son esenciales para resolver problemas y diagnosticar fallas en circuitos eléctricos. Al entender cómo se relacionan el voltaje, la corriente y la resistencia, los ingenieros pueden identificar y solucionar problemas de rendimiento en sistemas eléctricos, como sobrecargas, cortocircuitos y caídas de voltaje” (Calderón, 2016).

2.5 Instrumentación y mediciones eléctricas

“La instrumentación y las mediciones eléctricas son aspectos clave en el ámbito de la ingeniería eléctrica y electrónica, ya que nos brindan las herramientas necesarias para entender y evaluar cómo funcionan los sistemas eléctricos. Esto incluye desde la verificación de parámetros básicos como voltaje, corriente y resistencia, hasta la evaluación de la calidad de la energía eléctrica y la identificación de fallas.” (Pluas, 2019).

“La instrumentación eléctrica juega un papel fundamental en la comprensión y optimización de estos sistemas. Este campo abarca una amplia variedad de instrumentos y técnicas, que van desde multímetros sencillos hasta analizadores de potencia avanzados, permitiendo realizar mediciones con gran precisión y confiabilidad” (Pluas, 2019).

En la Tabla 1, se presentan algunos de los instrumentos más comunes utilizados en la instrumentación y mediciones eléctricas.

Tabla 1. Instrumentos y Mediciones

Fuente: (Pluas, 2019)

Instrumento	Medición Eléctrica.
Multímetro	Voltaje, Corriente, Resistencia
Osciloscopio	Forma de Onda, Voltaje, Frecuencia
Analizador de Espectro	Espectro de Frecuencia, Distorsión Armónica
Analizador de Redes	Parámetros de Red Eléctrica, Factor de Potencia
Registrador de Datos	Variaciones en el Tiempo de Parámetros Eléctricos
Telurómetro	Resistencia de Tierra

“Vemos que la Tabla 1 muestra la variedad de instrumentos que tenemos a nuestra disposición para hacer mediciones eléctricas, cada uno con sus propias aplicaciones. Desde la medición básica de voltaje y corriente con un multímetro, hasta el análisis de la calidad de la energía eléctrica con un analizador de redes, estos instrumentos nos ofrecen las herramientas necesarias para caracterizar y diagnosticar sistemas eléctricos.” (Pluas, 2019).

“Es importante destacar que elegir el instrumento correcto depende de la naturaleza de la medición que necesitamos realizar y de los requisitos específicos de cada aplicación. Por eso, seleccionar el instrumento más adecuado es clave para asegurar que nuestras mediciones sean precisas y confiables. ” (Pluas, 2019).

2.6 Instalaciones eléctricas

“Las instalaciones eléctricas es el conjunto de sistemas eléctricos que combinan diversos componentes, permitiendo así la distribución y el uso de la energía eléctrica en edificios, industrias y otros espacios. Estos sistemas incluyen elementos como cables, conductores, tableros de distribución, interruptores, tomacorrientes y dispositivos de protección.” (Sánchez & Carrasco, 2015).

“Un diseño y ejecución adecuados de una instalación eléctrica aseguran un suministro eficiente y seguro de electricidad, lo que implica cumplir con las normativas, prevenir accidentes, garantizar el funcionamiento continuo del sistema y promover el ahorro energético.” (Castillo et al., 2022).

2.7 Fallos en las instalaciones eléctricas

“Existen varios problemas que pueden surgir en las instalaciones eléctricas, como cortocircuitos, sobrecargas, fallas de aislamiento, conexiones defectuosas y problemas con los dispositivos de protección. Por eso, es crucial hacer un diagnóstico adecuado para identificar el problema y solucionarlo rápidamente. Estos fallos no solo ponen en riesgo la seguridad, sino que también pueden causar un funcionamiento ineficiente y pérdida de energía” (Sánchez L., 2015).

2.8 Protecciones para las instalaciones eléctricas

“Las protecciones eléctricas en el campo de implementación de las instalaciones juegan un papel crucial para asegurar la seguridad tanto de las personas como de los equipos. A continuación, te presento las principales protecciones que deberías tener en cuenta:

Fusibles: Estos son componentes eléctricos que se funden cuando la corriente eléctrica supera un cierto límite, interrumpiendo así el flujo de corriente y protegiendo los cables y equipos de posibles daños. Son esenciales para prevenir cortocircuitos.

Interruptores termomagnéticos: Estos dispositivos combinan la protección contra cortocircuitos y sobrecargas, ofreciendo una solución integral.

Toma de tierra: Este sistema está diseñado para conectarse a la tierra y desviar las fugas de corriente, protegiendo a las personas de descargas eléctricas.” (NEC, 2018)

2.9 Normativas vigentes de Instalaciones Eléctricas en el Ecuador

Llevar a cabo un proyecto que mejore las instalaciones eléctricas en una institución educativa en Ecuador, es fundamental tener en cuenta y seguir las normativas y regulaciones actuales del país. A continuación, te comparto algunas de las normas más reconocidas:

NEC (Normas Ecuatoriana de la Construcción.)

IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers)

RIET (Reglamento de Instalaciones Eléctricas de Baja Tensión) NTE (Normas Técnicas Ecuatorianas)

(SNI, 2024)

2.10 Estudios de demanda y factor de demanda

Para los cálculos de diseño se debe considerar los siguientes parámetros:

Para iluminación: Se debe considerar por cada salida de iluminación una carga máxima de 100 Vatios (W).

Para tomacorrientes: se debe considerar por cada salida de tomacorrientes una carga de 200W.

Para cargas especiales: Se debe considerar aquellas salidas para equipos cuya potencia sobrepasa los 1.500W, como por ejemplo cocinas eléctricas, vehículos eléctricos, calefacción, aire acondicionado, ducha eléctrica, equipos hidroneumáticos ascensores, equipos médicos, entre otros. (NEC, 2018)

2.11 Instalación de puestas a tierra

Los sistemas y conductores de circuitos eléctricos se ponen a tierra para proteger a las personas. Esto es crucial, ya que evita que, al tocar circuitos y equipos eléctricos, se expongan a diferencias de potencial que podrían superar los límites que el cuerpo humano puede tolerar en caso de una falla. Los principales objetivos de un sistema de puesta a tierra son:

- Asegurar la seguridad de las personas,
- Proteger las instalaciones,
- Crear un circuito de falla que permita que los dispositivos de interrupción se activen y así prevenir interferencias electromagnéticas en equipos electrónicos. (NEC, 2018)

2.12 Sistema de iluminación

Crear y poner en marcha un sistema de iluminación que realmente funcione bien implica tener en cuenta varios aspectos para garantizar que se satisfagan tanto las necesidades prácticas como las estéticas. Aquí te comparto algunas consideraciones importantes:

Tipo de Iluminación: De las cuales existen la iluminación general, la ambiental, la de tarea y la de acento.

Temperatura de color: Abarca los tipos blanco cálido, blanco neutro y blanco frío, en donde su uso dependerá de cada área.

Control de iluminación: Puede ser mediante dimmers o mediante la automatización y control inteligente

Distribución y ubicación: Se debe evaluar la distribución de puntos de luz evitando sombras y garantizando una cobertura uniforme por lo que se debe considerar la altura del techo y el número de luminarias adecuadas.

Normativas y regulaciones: Se debe cumplir con la normativas locales y estándares internacionales procurando seguridad ante riesgos eléctricos.

Estética y diseño: El sistema de iluminación debe tener un estilo arquitectónico y decorativo.

Mantenimiento y durabilidad: Se debe seleccionar sistemas que requieran un mantenimiento mínimo y que ofrezcan fácil acceso para la sustitución de componentes. Además, se debe considerar la durabilidad de las luminarias. (Covarrubias, 2019)

Cada factor es crucial en el diseño de un sistema de iluminación eficiente, funcional y estéticamente agradable.

Niveles de iluminación

Los niveles de iluminación se refieren a la cantidad de luz que se necesita en un espacio para realizar tareas específicas de manera eficiente y segura. Estos niveles se miden en lux (lx), que es una unidad del Sistema Internacional de Unidades (SI) que mide la intensidad luminosa percibida en una superficie la luminosidad recomendada es de 500 lux (Bermeo & Granda, 2013).

En la Tabla 2 se indica de color amarillo los valores recomendados de niveles de iluminación para las aulas de los centros educativos.

Tabla 2. Niveles de iluminación para centros educativos

Fuente: (Bermeo & Granda, 2013)

Tipo de interior, tarea y actividad	Mínimo (LUX)	Recomendado (LUX)	Óptimo (LUX)
Aulas, de tutoría	300	400	500
Clases nocturnas	300	500	750
Pizarra	450	500	750

2.13 Cálculo del número de luminarias

Para determinar cuántas luminarias necesitamos para un espacio, siguiendo las normas actuales, hay varias formas y programas que pueden ayudarnos. Para este proyecto, vamos a utilizar un método específico llamado el Método de lúmenes. Este enfoque es bastante popular para diseñar sistemas de iluminación en interiores. Con el Método de lúmenes, podemos calcular cuántas luminarias son necesarias para lograr un nivel de iluminación adecuado en un área determinada. A continuación, te explicaré cómo hacer este cálculo, paso a paso:

Pasos del Método de Lúmenes (Aragóns, 2004):

- Determina el Nivel de Iluminación Requerido (E)
- Consulta las recomendaciones para el nivel de iluminación (en lux) según el tipo de espacio y la actividad a realizar. Por ejemplo, una oficina típica puede requerir 500 lux.
- Calcula el Área del Espacio (A):
- Mide el largo y el ancho del espacio y multiplícalos para obtener el área en metros cuadrados.
 $A = largo \times ancho$ (4)
- Determina el Coeficiente de Utilización (CU):

El coeficiente de utilización es un factor que representa la eficiencia con la que una luminaria distribuye la luz en el área de trabajo. Este valor depende del tipo de luminaria y la reflectancia de las superficies del espacio (paredes, techo, y piso). Los fabricantes de luminarias suelen proporcionar tablas con los valores de CU para diferentes configuraciones.

Considera el Factor de Mantenimiento (MF)

El factor de mantenimiento tiene en cuenta la reducción de la eficiencia luminosa con el tiempo debido a factores como el ensuciamiento de las luminarias y la disminución de la salida de luz de las lámparas. Un valor típico de MF puede ser 0.8, pero este valor puede variar según las condiciones específicas y las políticas de mantenimiento.

Calcula el Flujo Luminoso Requerido (Φ):

Utiliza la siguiente fórmula para calcular el flujo luminoso requerido:

$$\phi T = \frac{E \cdot L \cdot A}{Fm \cdot Fu} [lm] (5)$$

Donde:

E: Nivel de iluminación en lux

L: Longitud del local en metros

A: Ancho del local en metros

Fm: Factor de mantenimiento

Fu: Factor de utilización

Determina el Flujo Luminoso por Luminaria:

Debemos consultar las especificaciones de las luminarias que piensas usar para encontrar el flujo luminoso por cada una (en lúmenes).

Calcula el Número de Luminarias Necesarias (N)

Divide el flujo luminoso total requerido por el flujo luminoso de una luminaria para obtener el número de luminarias necesarias:

$$N = \frac{\Phi}{\text{Flujo luminoso por luminaria}} (6)$$

(Aragónés, 2004)

El método de lúmenes es una herramienta poderosa para diseñar sistemas de iluminación efectivos y eficientes.

2.14 Circuito de fuerza

El circuito de fuerza hace referencia a los tomacorrientes, los cuales proporcionan puntos de energización eléctrica. Existen de varios tipos como monofásicos, bifásicos, tomacorrientes ICFA e ICFT. Lo más recomendable para ser instalados son los tomacorrientes monofásicos de 15A y 20A a 125 V, según el área de ubicación de estos (Chicaiza & Guanoluiza, 2020).

2.15 Factores de demanda

Los factores que influyen en la demanda de una vivienda o local están relacionados con los valores de carga eléctrica que se toman en cuenta al diseñar las instalaciones eléctricas. Es importante considerar la simultaneidad y la probabilidad de uso de los distintos equipos y dispositivos. Estos factores son clave para evitar que las instalaciones eléctricas sean demasiado

grandes o demasiado pequeñas, asegurando así tanto la seguridad como la eficiencia (Bratu & Campero, 2007).

2.16 Calibre de Conductores

Para determinar el calibre a utilizar, de los conductores se recomienda como mínimo la capacidad de corriente.

-Capacidad de corriente

El calibre del conductor debe soportar por lo menos el 125% del valor de la corriente de la protección del circuito de acuerdo a la Tabla No. 3

Tabla 3. Capacidad de protección en función del calibre del conductor

Fuente: (NEC, 2018)

Calibre del conductor AWG	14	12	10	8	6
Capacidad máxima de interruptores (Amperio)	15/16	20	30/32	40	50

En Circuitos de Iluminación

-Para el cálculo del calibre se considera los siguientes aspectos:

-El calibre del conductor del neutro debe ser igual al conductor de la fase.

-En circuitos de iluminación se utiliza conductores de cobre aislado tipo THHN con una sección mínima de 2.5 mm^2 (14 AWG) para la fase, el neutro y conductor de tierra.

En circuitos de tomacorrientes

Se debe considerar los siguientes aspectos:

El calibre de los conductores tanto para el neutro y fases deben ser iguales.

En circuitos de tomacorrientes, se utiliza conductor de cobre aislado tipo THHN con una sección mínima de 4 mm^2 (12 AWG) para la fase y neutro.

En circuitos de cargas especiales

En circuitos de cargas especiales se utiliza conductores de cobre aislado tipo THHN con una sección mínima de 5.26 mm^2 (10AWG) para las fases

2.17 Iluminación y tomacorrientes

Según la norma NEC los factores de demanda a considerar se debe calcular dependiendo la dimensión del local (NEC-SB-IE), en la Tabla 4 se observa los factores de demanda (FD) para iluminación y tomacorrientes para los tipos de vivienda (NEC, 2018).

Tabla 4. Factor de demanda

Fuente: (NEC- SB-IE, 2018)

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

Para la instalación de los tomacorrientes y la iluminación también hay que considerar las placas de los equipos eléctricos con cargas especiales, para esto también nos referimos a la Tabla 5 mostrada a continuación.

Tabla 5. Tabla de cargas especiales

Fuente: (NEC-SB-IE, 2018)

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

2.18 Determinación de los requerimientos del diseño de potencia.

“El diseño de potencia es un elemento clave para mejorar las instalaciones eléctricas en una institución educativa. Esto implica identificar las necesidades de potencia, elegir los componentes correctos y crear los planos eléctricos necesarios para garantizar un suministro eléctrico que sea seguro, eficiente y confiable.” referencia (Chicaiza & Guanoluisa, 2020)

“Es fundamental analizar las cargas eléctricas que existen en la institución, como la iluminación, los equipos eléctricos y otros dispositivos. Esto incluye calcular la demanda máxima y la cantidad de energía eléctrica consumida en un período determinado, lo cual nos servirá como referencia.” (Chicaiza & Guanoluisa, 2020)

“Al diseñar e implementar los planos eléctricos, es crucial seguir las normas técnicas del NEC para instalaciones eléctricas. También se debe tener en cuenta un criterio adecuado para seleccionar los componentes del tablero de distribución principal, los conductores

eléctricos y los dispositivos de protección. Además, con la disponibilidad de varios softwares que facilitan el diseño de instalaciones eléctricas, es importante elaborar los planos eléctricos correspondientes y, si es necesario, realizar las simulaciones pertinentes en los programas adecuados.” (Chicaiza & Guanoluisa, 2020)

2.19 Planos eléctricos

“Los planos eléctricos son representaciones gráficas que muestran cómo se conectan los equipos eléctricos, lo que nos da una visión más clara del sistema eléctrico para su implementación, mantenimiento o modificaciones futuras.” (Chicaiza & Guanoluisa, 2020) Hay diferentes tipos de planos eléctricos para cada aplicación, pero en este caso, nos enfocaremos en los siguientes:

- Planos de disposición de iluminación: Este plano proporciona información sobre la ubicación de las luminarias en las diversas áreas de un edificio, además de indicar el tipo de luminaria y a qué circuito está conectada.
- Planos de disposición de alimentación: Aquí se detalla la ubicación de los tomacorrientes dentro del edificio, que son esenciales para energizar los equipos.
- Planos de distribución de potencia: Estos son los diagramas unifilares que ayudan a entender cómo ha sido diseñado el sistema de potencia. (Chicaiza & Guanoluisa, 2020).

2.20 DIALux

Es un software libre diseñado para crear proyectos de iluminación. Te permite documentar los resultados con visualizaciones fotorrealistas y cuenta con bibliotecas que incluyen luminarias de diferentes fabricantes de todo el mundo. Además, facilita el cálculo energético de los sistemas de iluminación para garantizar que se cumplan las normativas, y ofrece un informe detallado de la simulación realizada (DIALux, 2024).

2.21 AutoCAD

Es un software de diseño asistido por computador, utilizamos para la realización de planos de la escuela Alejandro Coello, la creación de planos en 2D (Autodesk, 2024).

3 CAPITULO III

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

3.1 Situación Inicial

3.1.1 Levantamiento de Información

La Unidad Educativa Alejandro Cuello se encuentra en la Provincia de Pichincha, en el cantón Quito, específicamente en la Parroquia Urbana del Tingo, sobre la calle 2 de agosto, justo después del parque del Tingo. Este centro educativo cuenta con un equipo de 40 docentes y alrededor de 750 estudiantes, abarcando diversas áreas de enseñanza. Ofrecen niveles desde preparatorio hasta bachillerato. Puedes ver su ubicación en la imagen que se muestra a continuación.



Figura 3. Ubicación Unidad Educativa Alejandro Cuello
Fuente: (Google Maps, 2024)

La Unidad Educativa Alejandro Coello estaba enfrentando una grave anomalías en su sistema eléctrico, lo que ponía en riesgo tanto la seguridad de la comunidad educativa como el desarrollo normal de las actividades pedagógicas. Durante la inspección en las aulas, nos dimos cuenta de que la institución no cumplía con los estándares mínimos recomendados por las

normas de instalaciones eléctricas vigentes, como es la NEC, que son esenciales para un adecuado desarrollo visual y el bienestar de todos los involucrados.

Se pudo observar que en la Unidad Educativa no se había recibido un mantenimiento adecuado, ya que encontramos tomacorrientes en mal estado, con cables expuestos, conexiones defectuosas, cajetines sin tapas, tomacorrientes en cortocircuito, interruptores dañados y rotos. Estas anomalías representaban un peligro para la seguridad de la comunidad educativa y también podían causar daños a los equipos eléctricos conectados, como computadoras, impresoras, proyectores y otros dispositivos. Además, la falta de iluminación en las aulas era evidente, con fluorescentes quemados, cortocircuitos y boquillas rotas o ausentes, lo que afectaba la iluminación y visibilidad necesarias para un aprendizaje óptimo.

3.1.2 Plano arquitectónico inicial del sistema eléctrico de la institución

En la figura 4 observamos mediante la fotografía del plano como estaba la parte de su sistema eléctrico inicial.

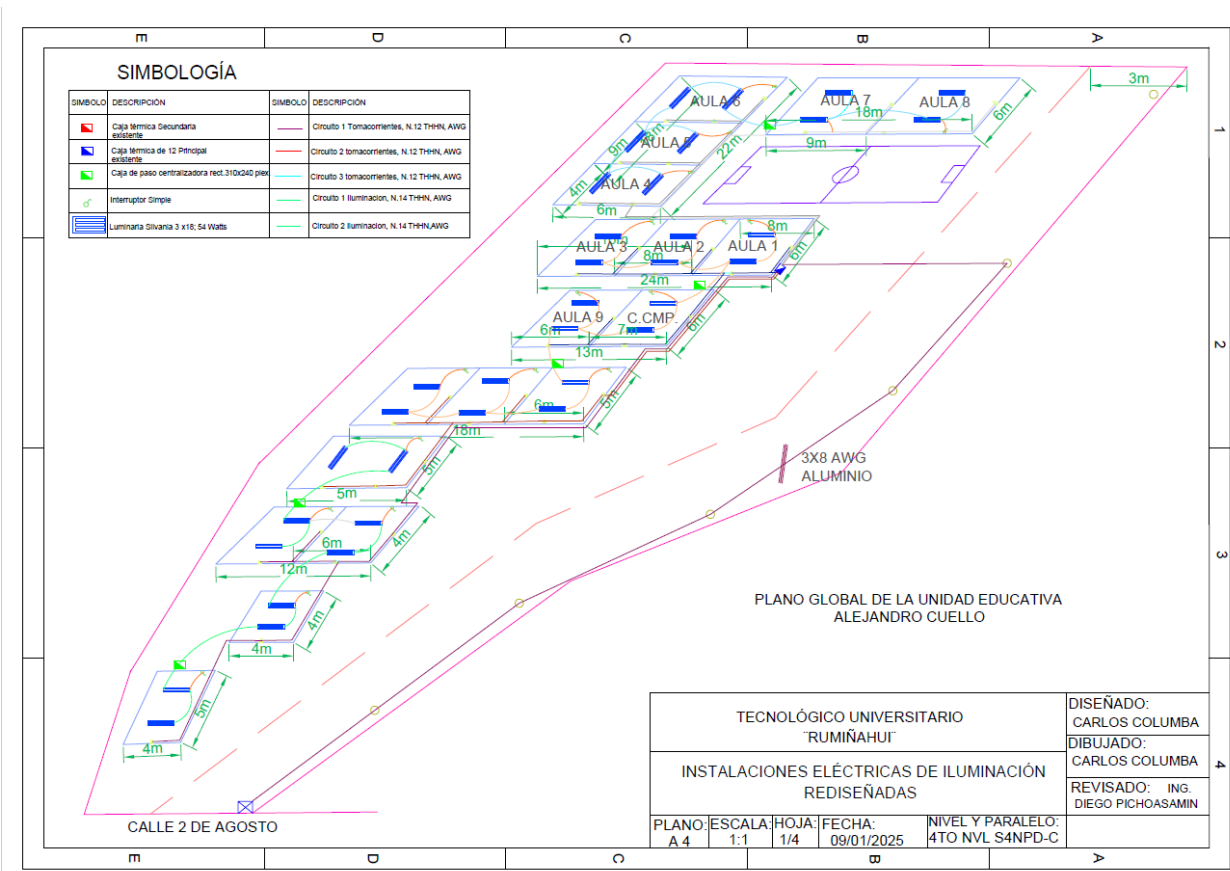


Figura 4. Plano del levantamiento eléctrico inicial

Fuente: Propia

3.1.3 Levantamiento de Cargas de Iluminación

En la tabla 6 se presenta un desglose de la carga de iluminación actual para cada aula, desde el tablero de distribución hasta los circuitos que componen el sistema de iluminación de las aulas. Se especifican los valores de acuerdo con las lámparas instaladas, sin tener en cuenta si están quemadas o dañadas.

Tabla 6. Tabla de Cargas de Iluminación
Fuente: Propia

TABLERO PRINCIPAL	TABLERO SECUNDARIO	CIRCUITO	AULAS	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	CARGA TOTAL
TDP-1	TDS-1	C-1	Aula 1 - Dirección	Luminarias fluorescentes 2x60 w	6	720W
TDP-1	TDS-1	C-2	Aula 2 – 9° “A”	Luminarias fluorescentes 2x60 w	6	720W
TDP-1	TDS-2	C-3	Aula 3 - Sala de profesores	Luminarias fluorescentes 2x60 w	6	720W
TDP-1	TDS-2	C-4	Aula 4 – DECE	Luminarias fluorescentes 2x60 w	3	360 W
TDP-1	TDS-3	C-5	Aula 5 – 10° "A"	Luminarias fluorescentes 2x60 w	8	960 W
TDP-1	TDS-3	C-6	Aula 6 – 1ro Bachillerato	Luminarias fluorescentes 2x60 w	8	960 W
TDP-1	TDS-4	C-7	Aula 7 – 2do Bachillerato	Luminarias fluorescentes 2x60 w	8	960 W
TDP-1	TDS-4	C-8	Aula 8 – 3ro Bachillerato	Luminarias fluorescentes 2x60 w	8	960 W
TDP-1	TDS-4	C-9	Aula 9 – 9° “B”	Luminarias fluorescentes 2x60 w	8	960 W
TDP-1	TDS-1,2,3	C-10	Corredor	Foco Ahorrador 60w	8	720 W
				TOTAL	69	8040 W

En la tabla 7 se muestra la carga de fuerza que hay en cada aula, desde los tableros de distribución hasta los circuitos que componen el sistema eléctrico de las aulas. Además, como se observa en la tabla 8, es importante mencionar que algunos tomacorrientes estaban dañados y fuera de servicio, pero los incluí en el cálculo de la carga.

Tabla 7. Tabla de Cargas de Fuerza

Fuente: Propia

TABLERO PRINCIPAL	TABLERO SECUNDARIO	CIRCUITO	AULAS	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	CARGA TOTAL
TDP-1	TDS-1	C-1	Aula 1 - Dirección	Tomacorrientes 110V	2	400 W
TDP-1	TDS-1	C-2	Aula 2 – 9° “A”	Tomacorrientes 110V	2	400 W
TDP-1	TDS-2	C-3	Aula 3 - Sala de profesores	Tomacorrientes 110V	2	400 W
TDP-1	TDS-2	C-4	Aula 4 – DECE	Tomacorrientes 110V	2	400 W
TDP-1	TDS-3	C-5	Aula 5 – 10° "A"	Tomacorrientes 110V	2	400 W
TDP-1	TDS-3	C-6	Aula 6 – 1ro Bachillerato	Tomacorrientes 110V	2	400 W
TDP-1	TDS-4	C-7	Aula 7 – 2do Bachillerato	Tomacorrientes 110V	2	400 W
TDP-1	TDS-4	C-8	Aula 8 – 3ro Bachillerato	Tomacorrientes 110V	2	400 W
TDP-1	TDS-4	C-9	Aula 9 – 9° “B”	Tomacorrientes 110V	2	400 W
TDP-1	TDS-1,2,3	C-10	Corredor	Tomacorrientes 110V	2	400W
				TOTAL		3600 W

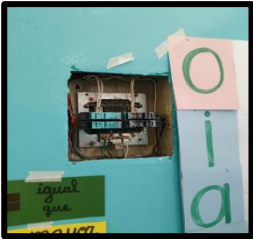
3.1.4 Problemas detectados en cada una de las aulas.

En la tabla 8 se presentan las deficiencias que se han encontrado en cada una de las aulas. Esto incluye luminarias y tomacorrientes que no funcionan, cortocircuitados sin tapas, y cables sueltos dentro de la caja de distribución, tal como se detalla en la tabla a continuación

Tabla 8. Tabla de imágenes de problemas detectados

Fuente: Propia

Aulas	Foto – problema	Descripción
Aula 1 - Dirección Dimensión 8X6m Total, de 48m²		Área Administrativa sin tomacorrientes
Aula 2 – 9no “A” Dimensión 8X6m Total, de 48m²		Luminarias en mal estado
Aula 3 -Sala de Profesores Dimensión 8X6m Total, de 48m²		Aula sin tomacorrientes
Aula 4 - DECE Dimensión 6X5m Total, de 30m²		Caja térmica ubicada en el techo
Aula 5 – 10mo “A” Dimensión 9X6m Total, de 54m²		Ventilador en vez de bombillas

Aula 6 – 1ro Bachillerato Dimensión 9X6m Total, de 54m²		Interruptores dañados
Aula 7 – 2do Bachillerato Dimensión 9X6m Total, de 54m²		Mal estado de las conexiones eléctricas
Aula 8 – 3ro Bachillerato Dimensión 9X6m Total, de 54m²		Cajetines sin tapas
Aula 9 – 9no “B” Dimensión 9X6m Total, de 54m²		Caja de brekers en mal estado, alambres sueltos
Corredores		Corredores sin iluminación

3.2 Diseño

3.2.1 Cálculo de iluminación

En la siguiente tabla 9, podemos ver las dimensiones de cada aula, su área total y una breve descripción o el nombre de cada una de ellas.

Tabla 9. Dimensiones de las Aulas

Fuente: Propia

AULAS - DESCRIPCIÓN	MEDIDAS		
	Largo (m)	Ancho (m)	Área Total <i>m</i> ²
Aula 1 - Dirección	8	6	48
Aula 2 – 9° “A”	8	6	48
Aula 3 - Sala de profesores	8	6	48
Aula 4 – DECE	6	4	24
Aula 5 – 10° “A”	9	6	54
Aula 6 – 1ro Bachillerato	9	6	54
Aula 7 – 2do Bachillerato	9	6	54
Aula 8 – 3ro Bachillerato	9	6	54
Aula 9 – 9° “B”	9	6	54
Corredores	75	2	150

3.2.2 Método de Lúmenes

Para determinar la cantidad de luminarias necesarias, utilizamos el método de lúmenes, que establece que dentro de la norma la iluminación debe ser de 500 lux. Consideramos aspectos específicos como el área donde se instalarían las luminarias, el color de las paredes, el material del piso y la altura de las superficies de trabajo (mesas, pupitres, escritorios), ya que todos estos factores pueden influir en la iluminación del espacio. Para asegurarnos que los niveles de iluminación en las aulas fueran los adecuados, realizamos mediciones en las cuatro esquinas de cada aula con un luxómetro, y los resultados se presentan en la tabla 10.

Tabla 10. Luminosidad de las Aulas de 4 esquinas

Fuente: Propia

DESCRIPCIÓN - AULAS	MEDICIÓN CON EL LUXÓMETRO INICIAL EN LAS 4 ESQUINAS (lux)			
	1(lux)	2(lux)	3(lux)	4(lux)
Aula 1 - Dirección	138	150	70	141
Aula 2 – 9° “A”	27	25	68	56

Aula 3 - Sala de profesores	108	84	165	88
Aula 4 – DECE	11	11	11	11
Aula 5 – 10° “A”	119	115	10	111
Aula 6 – 1ro Bachillerato	96	9	8	114
Aula 7 – 2do Bachillerato	89	107	107	116
Aula 8 – 3ro Bachillerato	61	17	112	49
Aula 9 – 9° “B”	35	37	56	40
Corredores	0	0	0	0

En la tabla 10, podemos ver que las mediciones realizadas en los 4 puntos de las aulas no cumplen con la luminosidad requerida según la Norma. Esto significa que la iluminación no es óptima, por lo que fue necesario rediseñar el sistema de iluminación para satisfacer las necesidades establecidas. A continuación, se llevó a cabo el cálculo, comenzando con el factor de índice local, utilizando la ecuación 7, donde la letra k representa el factor de utilización, que será fundamental más adelante para calcular el flujo luminoso.

Para el cálculo lo realizamos en la **Aula 1 - Dirección** que tiene las siguientes medidas (8x6) m

$$k = \frac{A \cdot B}{H(A+B)} \quad (7)$$

De la ecuación 7 se tiene:

A: Ancho

B: Lado

H: Altura de plano de trabajo + la altura del plano de las luminarias – altura total

Entonces reemplazando con las siguientes medidas de las aulas de la Institución.

A= 6 m

B= 8 m

H= |0.85+0.25-3| =1.9m

Reemplazando en la Ecuación 7 se tiene:

$$k = \frac{6m \cdot 8m}{1.90m(6m + 8m)} \quad (8)$$

$$k = 1.80$$

Siguiendo el método de lúmenes, se calculó el factor de reflexión mediante los datos de la tabla 10. En esta tabla podemos ver el valor en porcentaje de la reflectividad de las paredes el techo y el suelo según su textura, material o el color de las aulas en la tabla 11

Tabla 11. Factor de reflexión

Fuente: (Luminotécnico 2017)

Color de paredes y techos	Factor de reflexión en %
Blanco	0.70 – 0.85
Beige claro	0.70 – 0.80
Amarillo y crema claro	0.50 – 0.75
Techos acústicos blancos	0.50 – 0.65
Verde muy claro	0.45 – 0.65
Verde claro y rosa	0.45 – 0.65
Azul claro	0.40 – 0.55
Marrón claro	0.30 – 0.40
Beige oscuro	0.25 – 0.35
Marrón, verde, azul, oscuros	0.05 – 0.15
Negro	0.03 – 0.07

En la siguiente tabla 12, vamos a mostrar el valor de reflexión para una de las aulas que vamos a intervenir. En este caso, el techo es de color blanco, así que se encuentra en el rango del 70% al 85%. Elegiremos el valor de 70%. En cuanto a las paredes, que son de un verde claro, su rango es de 45% a 65%, y optamos por el 45% debido al tono específico de las aulas.

Es interesante notar cómo estos colores interactúan con la iluminación. Por eso, el coeficiente de reflexión del suelo, que es de un color oscuro, tiene un rango de 5% a 15%, así que seleccionamos el valor máximo. En la tabla, podemos ver el porcentaje de reflectividad de las paredes, el techo y el suelo, teniendo en cuenta su textura, materiales y el color de las aulas. En nuestra tabla 12, se reflejan los coeficientes de reflexión según el tono de color de las aulas, que interactúan directamente con la luz y son clave para lograr una distribución uniforme de la iluminación en el área que estamos interviniendo.

Tabla 12. Tabla de Coeficiente de reflexión para las aulas a intervenir

Fuente: (Luminotécnico 2017)

Dirección Educativa	Color	Coeficiente de reflexión
Techo	Blanco	70%
Paredes	Verde	0.45%
Piso	Marrón Oscuro	15%

Una vez que obtuvimos los valores según el color de las paredes de las aulas, que están detallados en la tabla 13, se determinó el coeficiente de reflexión. De acuerdo con los colores

de las paredes, se establecieron los porcentajes: 70% para el techo, 0.45% para las paredes y 15% para el piso, como se muestra en la tabla 13. Con estos porcentajes ya definidos, procedimos a calcular el Factor de Utilización, que nos proporciona los valores que se pueden ver en la tabla 14.

Tabla 13. Tabla de coeficientes para el factor de utilización

Fuente: (Salazar, 2019)

Techo Paredes P.trabajo		70%			50%		30%	
		50%		30%	50%	30%		10%
		30%	10%					
Índice del local	0,60	0,32	0,31	0,27	0,31	0,27	0,27	0,25
	0,80	0,44	0,42	0,38	0,41	0,38	0,38	0,36
	1,00	0,46	0,44	0,39	0,43	0,40	0,39	0,37
	1,25	0,55	0,52	0,49	0,51	0,49	0,48	0,46
	1,50	0,60	0,56	0,54	0,55	0,53	0,53	0,51
	2,00	0,62	0,58	0,55	0,57	0,55	0,54	0,53
	2,50	0,66	0,60	0,57	0,59	0,57	0,56	0,55
	3,00	0,70	0,63	0,60	0,62	0,60	0,60	0,60
4,00	0,73	0,65	0,63	0,64	0,64	0,62	0,62	
5,00	0,75	0,67	0,66	0,66	0,65	0,64	0,64	

En este caso, el índice de local “k” era de 1.94, pero en la Tabla 13 no encontramos ese valor.

Por lo tanto, optamos por el mayor valor superior, que en este caso es 2.00, para asegurar el diseño. Así que, nuestro factor de utilización fu será de 0.58, como se muestra en la Tabla 13.

Tabla 14. Factor de Mantenimiento

Fuente: (Salazar, 2019)

Ambiente	Factor de mantenimiento (fm)
Limpio	0.8
Sucio	0.6

Para el factor de mantenimiento f_m escogemos el valor de 0.8 que sería el correspondiente a un lugar que se limpia de manera continua.

Una vez que obtuvimos estos dos valores de factor de mantenimiento y factor de utilización se procedió a calcular el flujo luminoso (Ecuación 9)

$$\phi T = \frac{E \cdot L \cdot A}{F_m \cdot F_u} [\text{lm}] \quad (9)$$

En donde se tiene:

- E: Nivel de iluminación recomendado (iluminancia)
- L: Longitud del local en metros
- A: Ancho del local en metros
- Fm: Factor de mantenimiento
- Fu: Factor de utilización

Para la iluminación en instituciones educativas y tomando en cuenta que para el caso de aulas el valor óptimo que indica la norma es de 500 lux.

$$\phi T = \frac{500 \text{ lux} * 8\text{m} * 6\text{m}}{0.8 * 0.58} [\text{lm}] \quad (10)$$

$$\phi T = 51724 [\text{lm}]$$

Para determinar cuántas luminarias se necesitan, es fundamental saber qué tipo de luminarias se van a usar, ya que es necesario conocer el flujo luminoso de cada una, información que generalmente proporciona el fabricante. En este caso, vamos a utilizar tiras de luces LED de alta potencia de 44 [W] de la marca PHILIPS. La ficha técnica de la lámpara nos indica que el flujo luminoso es de 4300 lm.

Ficha de producto

Philips - RC132V G6 43S/840 PSU W60L60 OC BN

 	
N° de artículo	911401806987
P	44.0 W
Φ _{lámpara}	4300 lm
Φ _{luminaria}	4292 lm
η	99.81 %
Rendimiento lumínico	138.5 lm/W
CCT	4000 K
CRI	80

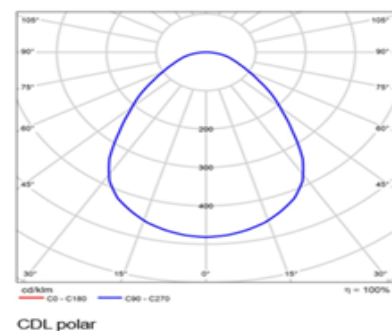


Figura 5. Descripción de las lámparas led

Fuente: Programa Dialux

Una vez que obtuvimos los valores, sustituimos las variables para calcular cuántas lámparas se necesitan por aula. Para esto, utilizamos la ecuación 6 y la aplicamos en la ecuación 11. El resultado nos dirá cuántas luminarias son necesarias para cumplir con el diseño que hemos realizado, cuya ecuación es

$$\# \text{ Luminarias} = \frac{\phi_t}{\phi_{lum}} = \frac{51724 \text{ lm}}{2 \cdot 4300 \text{ lm}} = 6.01(11)$$

Según la formula nos daría un total de 6.01 luminarias que equivaldría a 6 de acuerdo a las medidas tomadas.

Tabla 15. Numero de luminarias por aulas

Fuente: Propia

AULAS - DESCRIPCIÓN	MEDIDAS			
	Largo (m)	Ancho (m)	ϕT(lum)	N° de iluminarias
Aula 1 - Dirección	8	6	51724	6
Aula 2 – 9° “A”	8	6	51724	6
Aula 3 - Sala de profesores	8	6	51724	6
Aula 4 – DECE	4	6	25862	3
Aula 5 – 10°	9	6	58189	8
Aula 6 – 1ro Bachillerato	9	6	58189	8
Aula 7 – 2do Bachillerato	9	6	58189	8
Aula 8 – 3ro Bachillerato	9	6	58189	8
Aula 9 – 9° “B”	9	6	58189	8
Corredores	75	2	0000	12

3.2.3 Ubicación de las lámparas

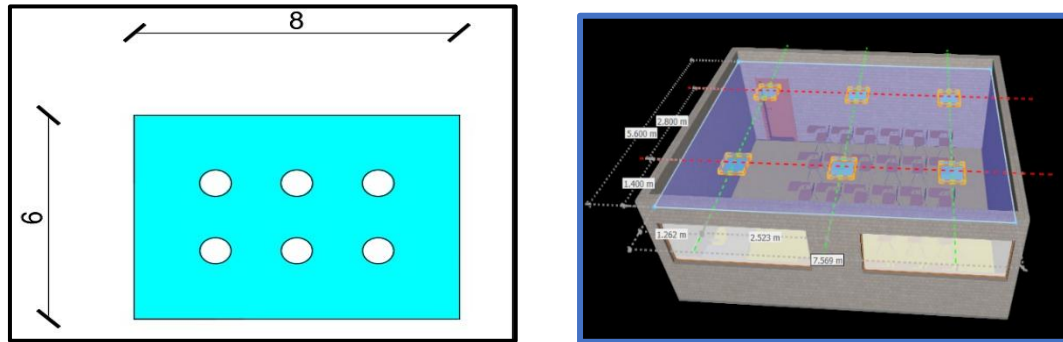
La forma en que se colocan las lámparas se basa en la fórmula del índice del local (K), que sirve como un indicador para evaluar si las lámparas están bien distribuidas en un espacio cerrado.

3.3 Simulación en DIALux

Para llevar a cabo la simulación, utilizamos el programa Dialux. Primero, importamos el plano de AutoCAD y comenzamos a diseñar en 3D, incluyendo elementos como ventanas,

puertas y muebles. Luego, seleccionamos las luminarias del catálogo del programa, las distribuimos en el techo y procedimos con la simulación para obtener los datos necesarios.

En los espacios que miden 8 metros de largo, 6 metros de ancho y 2.50 metros de altura, como Aula 1 - Dirección, Aula 2 – 9° “A” y Aula 3 - Sala de profesores, es necesario instalar 6 lámparas, tal como se muestra en la imagen.



Fuente: Simulador Dialux

Figura 6. Ubicación de las 6 Luminarias

Para los espacios con una medida de: 6m de largo, 4m de ancho y 2.50m de altura como son: Aula 4 – DECE, se debe colocar 3 lámparas, como se muestra en la imagen.

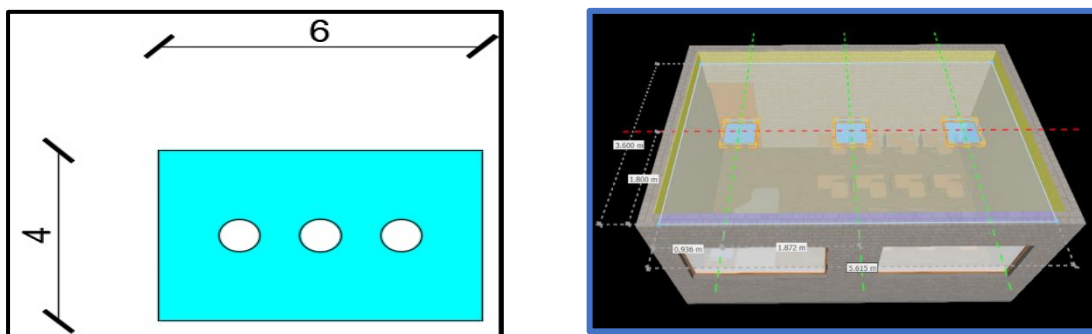


Figura 7. Ubicación de las 3 luminarias

Fuente: Simulador Dialux

Para los espacios que miden 9 metros de largo, 6 metros de ancho y 2.50 metros de altura, como son el Aula 6 para 1ro de Bachillerato, el Aula 7 para 2do de Bachillerato, el Aula 8 para 3ro de Bachillerato y el Aula 9 para 9° “B”, se deben instalar 8 lámparas, tal como se muestra en la imagen.

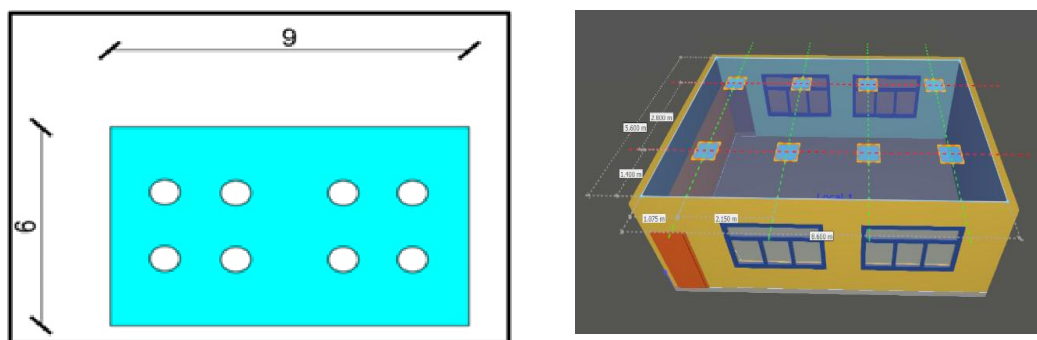


Figura 8. Ubicación de las 8 luminarias

Fuente: Simulador Dialux

Con el software DIALux, podemos simular los lúmenes necesarios para analizar y evaluar cómo se distribuye la luz en un espacio. Esto nos ayuda a asegurarnos de que el diseño cumpla con los niveles de iluminación requeridos (en lux). Además de los circuitos de iluminación, también incluimos circuitos de potencia para los tomacorrientes. A continuación, se detalla cómo implementar ambos tipos de circuitos, teniendo en cuenta las regulaciones y las mejores prácticas. Distribución integrada de circuitos de luz y potencia.

Resultados

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación	Índice
Plano útil	$E_{\text{perpendicular}}$	419 lx	≥ 300 lx	✓	WP1
	U_0 (g ₁)	0.45	≥ 0.40	✓	WP1
Evaluación del deslumbramiento ⁽¹⁾	$R_{UG,max}$	19	≤ 25	✓	
Valores de consumo ⁽²⁾	Consumo	[1055.37 - 1320.00] kWh/a	máx. 3650 kWh/a	✓	
Local	Potencia específica de conexión	5.06 W/m ²	-		
		1.21 W/m ² /100 lx	-		

Planos útiles

Propiedades	E (Nominal)	E_{min}	E_{max}	U_0 (g ₁) (Nominal)	g ₂	Índice
Plano útil (Local 1)	419 lx	190 lx	552 lx	0.45	0.34	WP1
Iluminancia perpendicular (Adaptativamente)	≥ 300 lx			≥ 0.40		
Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	✓			✓		

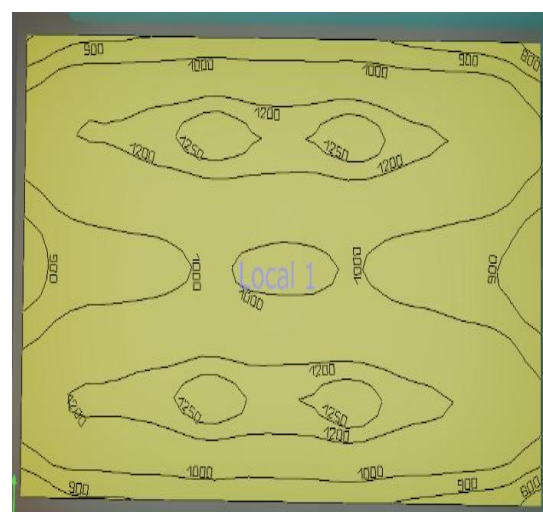


Figura 9. Resultado de la Simulación

Fuente: Simulador Dialux

En esta tabla 16 podemos darnos cuenta que si cumple con la norma para la instalación mediante la simulación que se lo realizo en el programa de Dialux.

Tabla 16. Nivel de iluminación en cada Aula

Fuente: NEC

Descripción	E nominal <i>E_{nominal}</i> (lux)	E min <i>E_{min}</i> (lux)	E máx. <i>E_{máx}</i> (lux)
Aula 1 - Dirección	419	190	552
Aula 2 – 9° “A”	549	329	800
Aula 3 - Sala de profesores	511	217	752
Aula 4 – DECE	546	342	679
Aula 5 – 10°	531	336	666
Aula 6 – 1ro Bachillerato	531	336	666
Aula 7 – 2do Bachillerato	533	341	675
Aula 8 – 3ro Bachillerato	533	341	675
Aula 9 – 9° “B”	546	342	679

Se realizó el cálculo de simulación en el programa Dialux de todas las aulas de la unidad educativa Alejandro Andrade Coello y podemos ver que si cumple con la norma como se indica en la tabla 17

3.4 Dimensionamiento conductores y protecciones

3.4.1 Circuito de Iluminación

Se determinó que los circuitos de iluminación y de fuerza serán independientes. Anteriormente, estos circuitos provenían de tres tableros principales de distribución, que a su vez se conectaban a tableros secundarios en cada aula. De esta manera, se distribuyen en circuitos independientes de iluminación y fuerza por áreas o aulas, cada uno con sus respectivas protecciones. Para esto, nos basamos en la Norma NEC, que establece el calibre del conductor y la capacidad máxima de protección, como se muestra en la siguiente tabla 17.

Tabla 17. Calibre de los Cables

Fuente: NEC

Calibre de conductor AWG	14	12	10	8	6
Capacidad máxima del interruptor (Amperios)	15/16	20	30/32	40	50

En esta, tabla 17 se establece según la norma una estandarización. Para determinar el tamaño adecuado del conductor, primero se debe calcular la corriente que pasará por el circuito. Esto se realiza utilizando la fórmula:

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

Donde:

I = corriente (en amperios, A)

P = potencia total conectada en el circuito (en vatios, W)

V = voltaje de operación del sistema (generalmente 120 V o 240 V, dependiendo de la región), Para el ejemplo utilizaremos los datos de la tabla 19 del circuito de iluminación, del aula 1 Dirección, que nos indica que en el CL1 se instalara 6 luminarias led de 44W que al multiplicar nos da un valor de 264W que al sustituir datos en la formula obtuvimos los siguientes valores.

$$I = \frac{264W}{120V} = 2.2 \text{ A}$$

$$I = 2.2A$$

$$I = 2.2 \times 1.25 = 2.75 \text{ A}$$

$$\text{Protección} = 1P - 16 \text{ A}$$

En el cálculo de la corriente que realizamos, obtuvimos un valor de 2.2A. Al multiplicarlo por la constante 1.25, llegamos a 2.75A, que es relevante para nuestro proyecto y se alinea con la norma NEC. En la tabla 17, encontramos los valores de capacidad máxima en amperios y el calibre del conductor. Para este caso, utilizamos el calibre número 14, que tiene un máximo de 16A para nuestro circuito de iluminación. Así es como se elaboró la tabla 18, donde se detalla el calibre y la protección de nuestro circuito de iluminación en todas las aulas, como se muestra en la siguiente tabla 18.

Tabla 18. Tabla de Circuitos de iluminación

Fuente: Propia

TABLERO PRINCIPAL	TABLERO SECUNDARIO	CIRCUITO	AULAS	LUMINARIA LED	CANTIDAD	CARGA TOTAL	PROTECCIÓN	CALIBRE
TD-1	TDS-1	CL-1	Aula 1 - Dirección	PHILIPS de 44 W	6	264 W	16 A	14 AWG
TD-1	TDS-1	CL-1	Aula 2 – 9° “A”	PHILIPS de 44 W	6	264W	16 A	14 AWG
TD-1	TDS-2	CL-2	Aula 3 - Sala de profesores	PHILIPS de 44 W	6	264 W	16 A	14 AWG
TD-1	TDS-2	CL-2	Aula 4 – DECE	PHILIPS de 44 W	3	132 W	16 A	14 AWG
TD-1	TDS-3	CL-3	Aula 5 – 10°	PHILIPS de 44 W	8	352 W	16 A	14 AWG
TD-1	TDS-3	CL-3	Aula 6 – 1ro Bachillerato	PHILIPS de 44 W	8	352 W	16 A	14 AWG
TD-1	TDS-4	CL-4	Aula 7 – 2do Bachillerato	PHILIPS de 44 W	8	352 W	16 A	14 AWG
TD-1	TDS-4	CL-4	Aula 8 – 3ro Bachillerato	PHILIPS de 44 W	8	352 W	16 A	14 AWG
TD-1	TDS-4	CL-4	Aula 9 – 9° “B”	PHILIPS de 44 W	8	352 W	16 A	14 AWG
TD-1	TDS-1,2,3	CL-1,2,3	Corredores	Foco ahorrador 30W	7	420 W	16 A	14 AWG
				TOTAL	68	3104 W		

En la tabla 19, se detalla cómo se distribuyen los circuitos desde las tres cajas de distribución principales. Estas, a su vez, se conectan a las cajas de distribución secundaria en cada aula, donde se han establecido circuitos independientes para la iluminación y la fuerza. También se incluye el número de luminarias, la carga total, las protecciones y el calibre del conductor que se utilizará, todo de acuerdo con los cálculos realizados y lo que indica la Norma NEC.

3.5 Cálculo de conductores para circuito de fuerza

Los conductores de los circuitos se diseñaron para prevenir caídas de tensión, incorporando un factor de seguridad del 25%. Esto los protege contra sobrecargas y cortocircuitos, gracias a la protección adecuada que se ha implementado.

3.5.1 Sistemas de Fuerza (tomacorrientes)

Los circuitos de iluminación y los tomacorrientes se alimentan desde los mismos tableros, pero es importante que se mantengan circuitos independientes dentro del mismo tablero. Cada salida de tomacorriente se considera con una carga de 200 W. Según la norma (NEC, 2018),

Determinar correctamente los conductores en un circuito de iluminación y fuerza es clave para garantizar la seguridad y el buen funcionamiento de las instalaciones. Este cálculo se basa en varios factores, como la potencia de los dispositivos conectados, la longitud del cableado, la caída de tensión permitida, el tipo de conductor y las regulaciones locales (como la NEC o las normativas nacionales).

A continuación, se presentan los pasos básicos para realizar este cálculo. El objetivo es encontrar el tamaño adecuado del conductor que pueda manejar la corriente sin provocar sobrecalentamiento o fallos en el sistema.

Donde:

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

I = corriente (en amperios, A)

P = potencia en vatios (W)

V = voltaje del sistema (en voltios)

Para el ejemplo utilizaremos los datos de la tabla 20 del circuito de Fuerza, del aula 1 Dirección, que nos indica que en el CF1 se instalara 6 toma corrientes, Por la norma (NEC, 2018), cada salida de tomacorriente se considera con una carga de 200 W. que al multiplicar nos da un valor de 1200W que al sustituir datos en la formula obtuvimos los siguientes valores.

Norma NEC 2018

$$I = \frac{1200W}{120V} = 10A$$

$$I = 10A$$

$$I = 10 A \times 1,25 = 12.5$$

$$\text{Protección} = 1P - 20 A$$

P: potencia total del circuito para tomacorriente

- I: corriente del circuito para tomacorriente
- Fs: 1,25
- Calibre del conductor AWG # 12
- Protección 1P – 20 A

Como se menciona en el cálculo para la protección, se multiplica la corriente del circuito por un factor de seguridad de 1.25, tal como lo establece la norma NEC. El resultado se compara con las opciones de protección disponibles en el mercado. Los valores de amperaje son estandarizados, y luego se elige la protección y el conductor adecuados. (NEC, 2018).

Tabla 19. Tablero del Circuito de Fuerza

Fuente: Propia

TABLERO PRINCIPAL	TABLERO SECUNDARIO	CIRCUITO	AULAS	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	CARGA TOTAL	PROTECCIÓN	CALIBRE
TD-1	TDS-1	CF-1	Aula 1 - Dirección	Tomacorrientes 110V	6	1200 W	20 A	12 AWG
TD-1	TDS-1	CF-1	Aula 2 – 9º “A”	Tomacorrientes 110V	6	1200 W	20 A	12 AWG
TD-1	TDS-2	CF-2	Aula 3 - Sala de profesores	Tomacorrientes 110V	6	1200 W	20 A	12 AWG
TD-1	TDS-2	CF-2	Aula 4 – DECE	Tomacorrientes 110V	3	600 W	20 A	12 AWG
TD-1	TDS-3	CF-3	Aula 5 – 10º “A”	Tomacorrientes 110V	6	1200 W	20 A	12 AWG
TD-1	TDS-3	CF-3	Aula 6 – 1ro Bachillerato	Tomacorrientes 110V	6	1200 W	20 A	12 AWG
TD-1	TDS-4	CF-4	Aula 7 – 2do Bachillerato	Tomacorrientes 110V	6	1200 W	20 A	12 AWG
TD-1	TDS-4	CF-4	Aula 8 – 3ro Bachillerato	Tomacorrientes 110V	6	1200 W	20 A	12 AWG
TD-1	TDS-1,2,3	CF-4	Aula 9 – 9º “B”	Tomacorrientes 110V	6	1200 W	20 A	12 AWG
			TOTAL		50	102000 W		

En esta tabla, podemos ver los resultados de las operaciones de cálculo para las protecciones y el calibre del conductor. Aunque el cálculo indica un amperaje menor, seguimos lo que establece la norma NEC. Para un sistema de fuerza, utilizaremos una protección con un calibre de #12 AWG y una protección de 20A, considerando que hay 15 puntos de tomacorrientes.

3.6 Tableros de Distribución Principales

Los tableros de distribución, han sido de gran ayuda para organizar y controlar el flujo de electricidad de manera segura y eficiente. En el tablero de distribución (TD1), podemos ver que se divide para dar servicio a tres subtableros o tableros secundarios, que a su vez alimentan las aulas. En nuestro caso, el subtableros TSD1 se encarga del Aula 1 y el Aula 2; el TSD2, del Aula 3 y el Aula 4; y el TSD3, del Aula 5 y el Aula 6. Cada aula tiene su propio número de lámparas para el sistema de iluminación, así como la potencia individual y la potencia total, con un sistema de fuerza que incluye el número de tomacorrientes, la potencia individual y la potencia total que, al sumar la potencia total de iluminación y fuerza, obtenemos la carga total por aula, que se detalla en la tabla 20.

Tabla 20. Potencia total del Circuito TD1
Fuente: Propia

Tablero de Distribución Principal	AULAS	Subtableros de Distribución	Nº de luminarias	Potencia individual (W)	Potencia Total (W)	Numero de tomacorrientes	Potencia individual (W)	Potencia Total (W)	CARGA TOTAL (W)
TD1	Aula 1 (Dirección) CL1 - CF1	TSD1	6	44	264	6	200	1200	1464
	Aula 2 (9º "A") CL1 - CF1	TSD1	6	44	264	6	200	1200	1464
	Aula 3 (Sala de profesores) CL2 - CF2	TSD2	6	44	264	6	200	1200	1464

En el tablero de distribución (TSD2), podemos ver las aulas que dependen de este sistema. En nuestro caso, tenemos el Aula 4, el Aula 5 y el Aula 6, que se conectan a los subtableros TSD3, Y TSD4. Cada aula tiene su propio número de lámparas para el sistema de iluminación, así como la potencia individual y la potencia total.

También contamos con el sistema de fuerza, que incluye el número de tomacorrientes, la potencia individual y la potencia total. Al sumar la potencia total de iluminación y fuerza, obtenemos la carga total por aula, que se detalla en la tabla 21.

Tabla 21. Potencia total del Circuito TD2
Fuente: Propia

Tablero de Distribución Principal	AULAS	Subtableros de Distribución	N° de luminarias	Potencia individual (W)	Potencia Total (W)	Numero de tomacorrientes	Potencia individual (W)	Potencia Total (W)	CARGA TOTAL (W)
TD1	Aula 4 (DECE) CL4 - CF4	TSD2	3	44	132	3	200	600	732
	Aula 5 (10° "A") CL5 - CF5	TSD3	8	44	352	6	200	1200	1552
	Aula 6 (1ro Bachillerato) CL6 - CF6	TSD3	6	44	264	6	200	1200	1464

En el tablero de distribución (TSD3) aquí podemos observar las aulas que se sirven del tablero para nuestro caso tenemos el Aula7, el Aula 8, el Aula 9 que se derivan a los subtableros como es el TSD4, TSD5 y TSD6 con su número de lámparas para el sistema de iluminación por aulas.

Tabla 22. Potencia total del Circuito TD3
Fuente: Propia

Tablero de Distribución Principal	AULAS	Subtableros de Distribución	N° de luminarias	Potencia individual (W)	Potencia Total (W)	Numero de tomacorrientes	Potencia individual (W)	Potencia Total (W)	CARGA TOTAL (W)
TD1	Aula 7 (2do Bachillerato) CL7 - CF7	TSD4	8	44	352	6	200	1200	1552
	Aula 8 (3ro Bachillerato) CL8 - CF8	TSD4	8	44	352	6	200	1200	1552
	Aula 9 (9° "B") CL9 - CF9	TSD4	8	44	352	6	200	1200	1552
	Pasillos CL10 - CF10	TSD1,2,3	7	30	210	0	0	0	210

En la tabla 22 podemos ver la potencia individual y total, así como del sistema de fuerza que incluye el número de tomacorrientes. Que, al sumar la potencia total de iluminación y

fuerza, obtenemos la carga total por aulas, que se detalla en la tabla 22. Una vez que hemos determinado cuántas luminarias y tomacorrientes hay en cada aula, y teniendo en cuenta la carga total, procedemos a consultar la tabla de la figura 10.

Ahí verificamos el amperaje que cada cable puede soportar según su tamaño, para así elegir los cables adecuados conforme a la norma NEC.

Amperaje que soportan los cables de cobre					
Nivel de temperatura:	60°C	75°C	90°C	60°C	
Tipo de aislante:	TW	RHW, THW, THWN	THHN, XHHW-2, THWN-2	SPT	
Medida / calibre del cable	Amperaje soportado			Medida / calibre del cable	Amperaje soportado
14 AWG	15 A	15 A	15 A	20 AWG	2 A
12 AWG	20 A	20 A	20 A	18 AWG	10 A
10 AWG	30 A	30 A	30 A	16 AWG	13 A
8 AWG	40 A	50 A	55 A	14 AWG	18 A
6 AWG	55 A	65 A	75 A	12 AWG	25 A
4 AWG	70 A	85 A	95 A		
3 AWG	85 A	100 A	115 A		
2 AWG	95 A	115 A	130 A		
1 AWG	110 A	130 A	145 A		
1/0 AWG	125 A	150 A	170 A		
2/0 AWG	145 A	175 A	195 A		
3/0 AWG	165 A	200 A	225 A		
4/0 AWG	195 A	230 A	260 A		

Figura 10. Amperajes que soportan el Cable de Cobre

Fuente: (NEC, 2018)

En la tabla, podemos observar los amperajes que el cobre puede soportar según su calibre, lo cual fue fundamental para llevar a cabo el proyecto. Además, se eligió el tipo de tubería más adecuado para la instalación. Optamos por la tubería Conduit de 1/2", que es perfecta para el conductor # 14 AWG y también para el conductor # 12 AWG. Estos calibres fueron los que utilizamos para el cableado de los circuitos de iluminación y fuerza, siguiendo los cálculos y la normativa NEC.

Tipo de aislamiento	Tamaño y calibre del cable (con aislamiento)		Diametro nominal de tubo conduit en mm				
	mm ²	AWG kcmil	13 (1/2")	19 (3/4")	25 (1")	32 (1 1/4")	38 (1 1/2")
TW, THW, THHW, THW-2	9.51	14	6	12	21	34	48
	12.32	12	4	9	16	26	37
	16.40	10	3	7	12	20	28
	29.70	8	2	4	7	11	15
RHH, RHW, RHW-2	9.51	14	6	12	21	34	48
	12.32	12	4	9	16	26	37
	16.40	10	3	7	12	20	28
	29.70	8	2	4	7	11	15
RHH, RHW, RHW-2, TW, THW, THHW, THW-2	49.26	6	1	2	4	7	9
	65.61	4	1	2	3	5	7
	89.42	2	1	1	2	4	5
	143.99	1/0	-	1	1	2	3
	169.72	2/0	-	1	1	2	3
	201.06	3/0	-	1	1	2	2
	293.98	4/0	-	-	1	1	2
	298.65	250	-	-	1	1	2
	343.07	300	-	-	1	1	1
	430.05	400	-	-	-	1	1

Figura 11. Tuberías según los conductores eléctricos

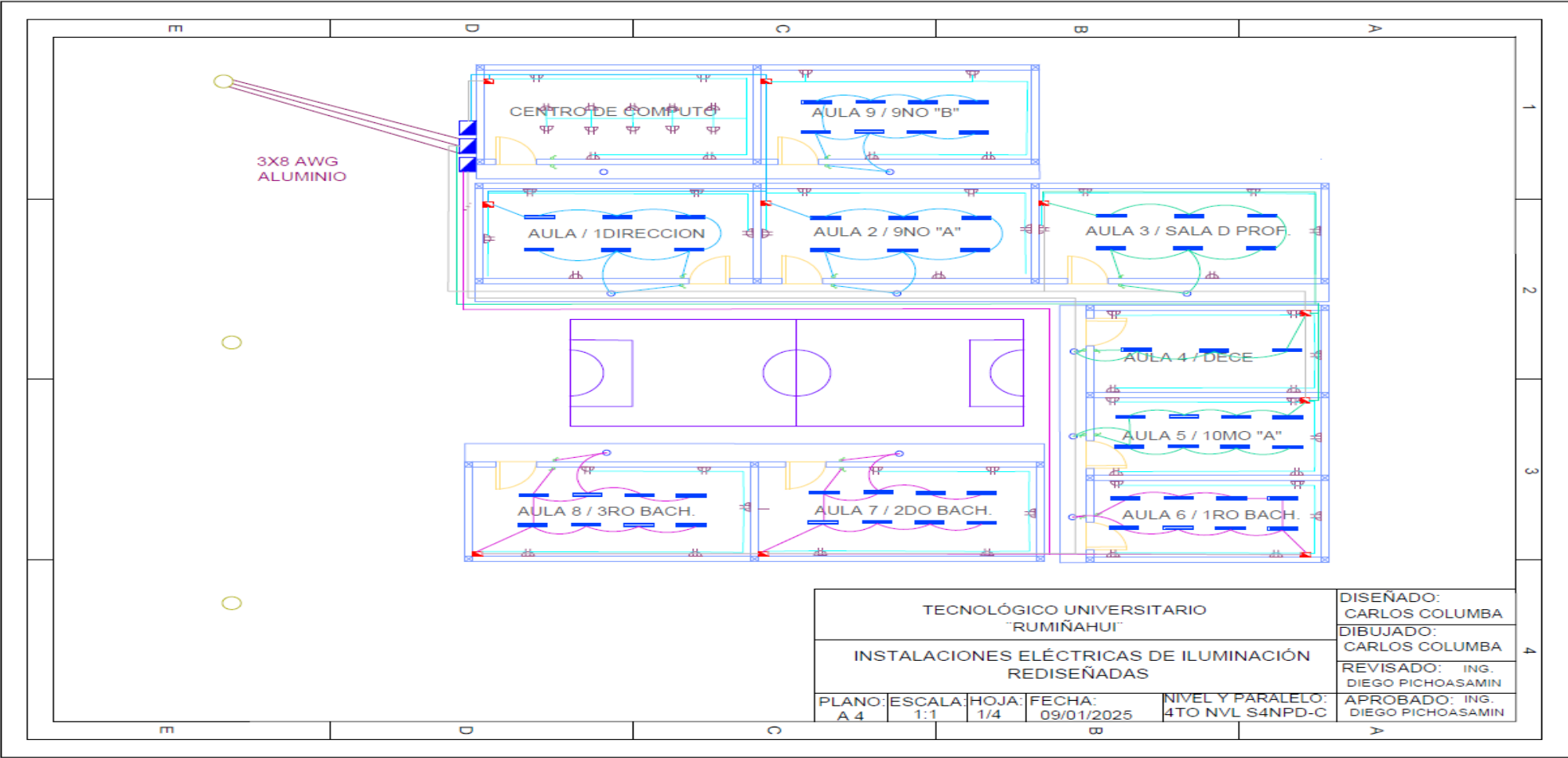
Fuente: (NEC, 2018)

3.6.1 Plano de Circuito de Fuerza e Iluminación

Se elaboró un plano de fuerza que se fundamenta en los cálculos de las tablas de calibre y protección de los circuitos eléctricos. Esto permitió determinar la ubicación de los tomacorrientes, asegurando que tanto docentes como alumnos de la institución tengan acceso, todo de acuerdo con la norma NEC, como se puede ver en la figura 12.

Figura 12. Plano del Circuito de Fuerza e Iluminación

Fuente: Propia



Una vez que hemos establecido el calibre de los conductores que se usarán para implementar el sistema de fuerza en las aulas, y tras aplicar fórmulas y consultar diversas tablas que nos indican el calibre y el amperaje que cada conductor puede soportar, procedemos a definir nuestro plano y el esquema unifilar de los circuitos de fuerza, tal como se muestra en la tabla 23.

Tabla 23. Cálculo de las protecciones de los Circuitos de Iluminación
Fuente: Propia

N°	Alimentador	DESCRIPCION DE LA CARGA	N°	VOLTAJE	Pu	Fd	Pt (W)	In	It	Protecciones
CICUITO	Calibre		Puntos	(v)	Potencia	Factor de	potencia	(A)	(A)	N° polos -AMP
	Longitud (m)				Unitaria	demanda	Total, Instalada		FS= 1,25	
CL1	THW2X14 AWG 90m	Aula 1 - Dirección	6	120	44	0,7	264	2,2	2,8	1P-16
CL1	THW2X14 AWG 90m	Aula 2 – 9° “A”	6	120	44	0,7	264	2,2	2,8	1P-16
CL2	THW2X14 AWG 66m	Aula 3 - Sala de profesores	6	120	44	0,7	264	2,2	2,8	1P-16
CL2		Aula 4 – DECE	3	120	44	0,7	132	1,1	1,4	1P-16
CL3	THW2X14 AWG 66m	Aula 5 – 10°	8	120	44	0,7	352	2,9	3,6	1P-16
CL3	THW2X14 AWG 66m	Aula 6 – 1ro Bachillerato	6	120	44	0,7	264	2,2	2,8	1P-16
CL1,2,3	THW2X14 AWG 70m	Pasillos	7	120	30	0,7	210	1,8	2,3	1P-16

Tabla 24. Cálculo de las protecciones de los Circuitos de Fuerza
Fuente: Propia

N°	Alimentador	DESCRIPCION DE LA CARGA		N°	VOLTAJE	Pu	Fd	Pt (W)	In	It	Protecciones
CICUITO	Calibre			Puntos	(v)	Potencia	Factor de	potencia	(A)	(A)	N° polos -AMP
						Unitaria	demanda	Total, Instalada		FS= 1,24	
CF1	Longitud (m)	Aula 1 - Dirección		6	120	200	0,5	1200	10	12,5	
CF1	THW+C862X12+1X14 AWG 90m	Aula 2 – 9° “A”		6	120	200	0,5	1200	10	12,5	1P-20
CF2	THW+C863X12 AWG 90m	Aula 3 - Sala de profesores		6	120	200	0,5	1200	10	12,5	1P-20
CF2	THW+C863X12 AWG 90m	Aula 4 – DECE		3	120	200	0,5	600	5	6,3	1P-20
CF3	THW+C863X12 AWG 90m	Aula 5 – 10°		6	120	200	0,5	1200	10	12,5	1P-20
CF3	THW+C863X12 AWG 90m	Aula 6 – 1ro Bachillerato		6	120	200	0,5	1200	10	12,5	1P-20

En esta tabla, podemos ver todos los detalles sobre el circuito de fuerza, incluyendo el calibre de los conductores, una descripción de los puntos de carga en las aulas, la potencia, el factor de demanda, la potencia total instalada y la protección, junto con el número de polos, tal como se indica en la tabla 24.

Además, aquí tenemos el diagrama unifilar de Iluminación y Fuerza de la Unidad Educativa Alejandro Cuello. Este diagrama muestra cómo se distribuyen los circuitos, comenzando desde la entrada del medidor hasta los tableros principales, que luego se conectan a los tableros secundarios de cada aula. Cada aula, a su vez, se divide en circuitos de Iluminación y Fuerza.

ESQUEMA UNIFILAR INSTALACIONES DE ILUMINACION Y FUERZA

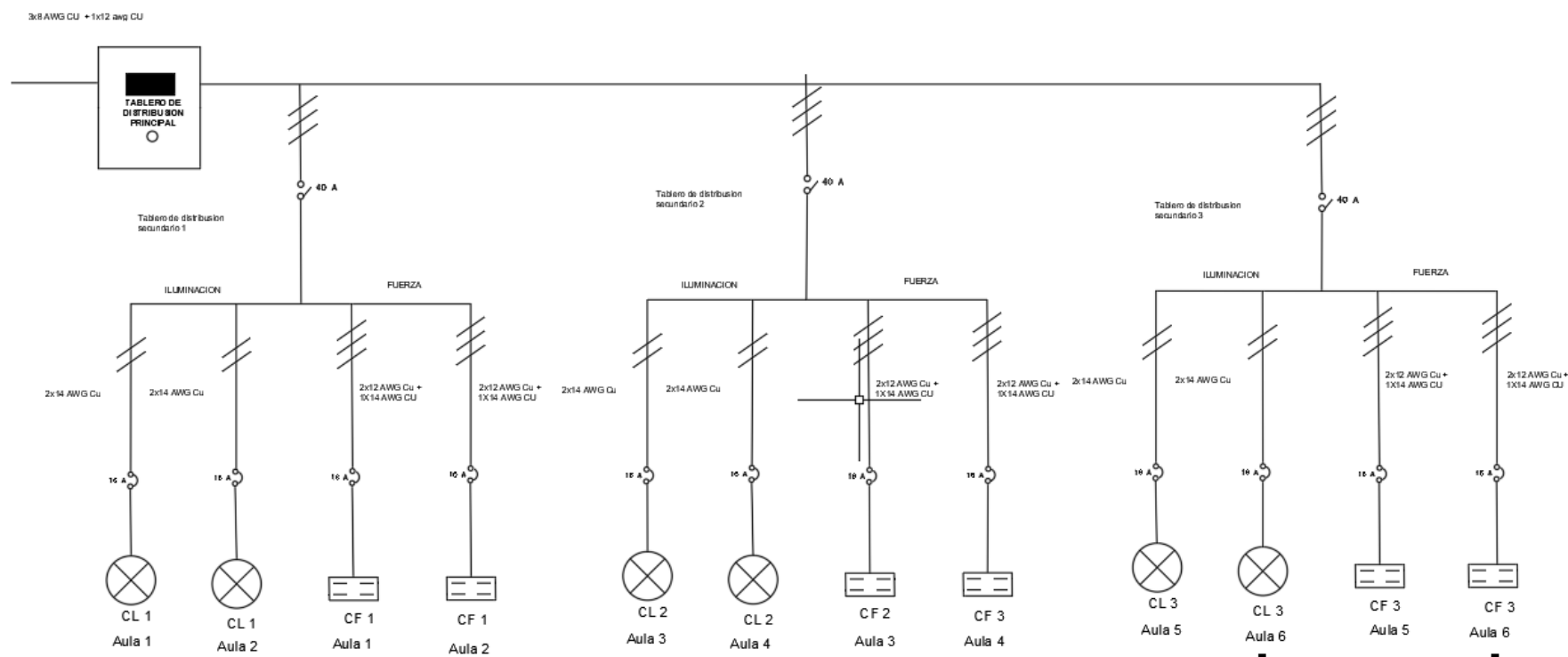


Figura 13. Diagrama Unifilar de Iluminación y Fuerza
Fuente: Propia

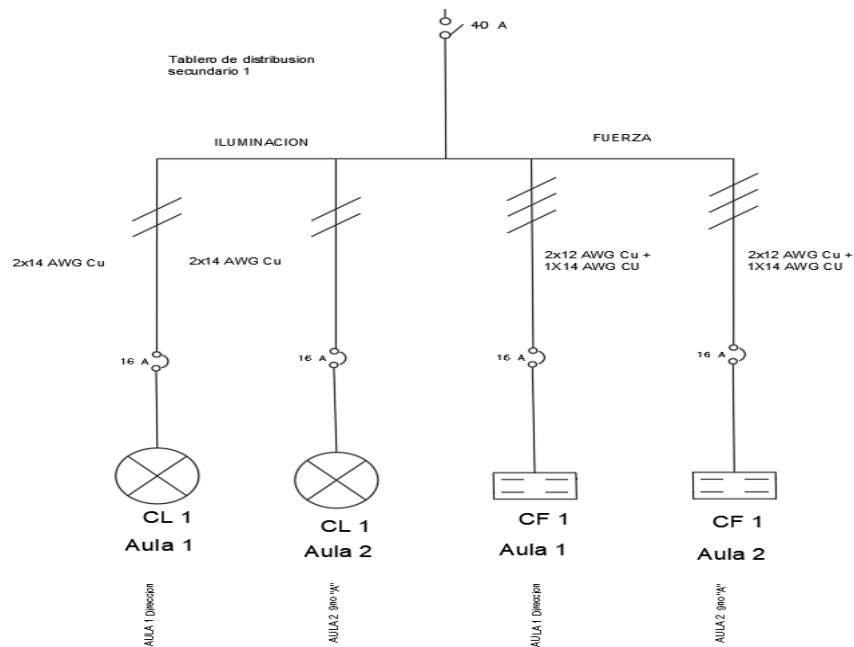


Figura 14. Diagrama Unifilar de los circuitos de Iluminación y fuerza TDS1
Fuente: Propia

En el Diagrama Unifilar del Tablero de Distribución TD1, se puede visualizar como se conectará el circuito de iluminación y fuerza a través de los tableros TSD1, TSD2 y TSD3. También se detallan los distintos circuitos de Iluminación y Fuerza, como CL1, CL2, CL3 y CF1, CF2, CF3, que se han organizado por aulas para facilitar su implementación.

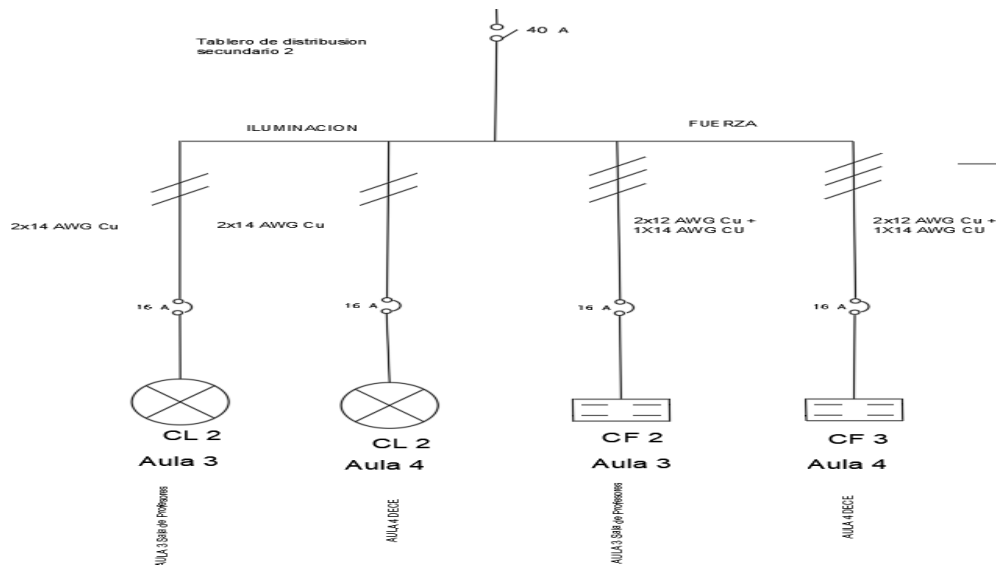


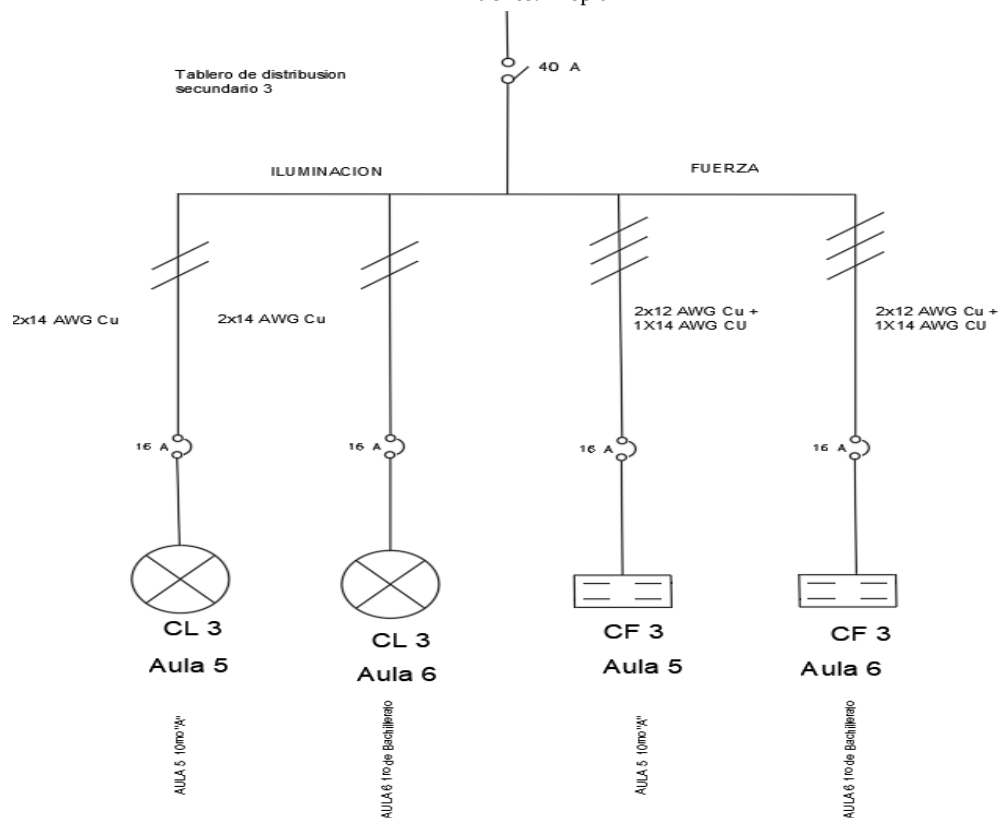
Figura 15. Diagrama Unifilar de los circuitos de Iluminación y fuerza TDS2

Fuente: Propia

En el Diagrama Unifilar del Tablero de Distribución TD2, muestra cómo se conectan los circuitos de iluminación y fuerza a través de los subtableros TSD4, TSD5 y TSD6. También se detallan los distintos circuitos de Iluminación y Fuerza, como CL4, CL5, CL6 y CF4, CF5, CF6, que se han organizado por aulas para facilitar su implementación.

Figura 16. Diagrama Unifilar de los circuitos de Iluminación y fuerza TDS3

Fuente: Propia



En el Diagrama Unifilar del Tablero de Distribución TD3, muestra cómo se conecta los circuitos de iluminación y fuerza a través de los subtableros TSD7, TSD8 y TSD9. También se detallan los distintos circuitos eléctricos de Iluminación y Fuerza, como CL7, CL8, CL9 y CF7, CF8, CF9, que se han organizado por aulas para facilitar su implementación.

3.7 Lista de materiales

Dentro de nuestro diseño se establece una lista de materiales que se determinó para la instalación e implementación del proyecto, la simulación, el cálculo el listado que nos establece está dentro del proceso de diseño, para lo cual tenemos la siguiente tabla 25

Tabla 25. Lista de Materiales
Fuente: Propia

Lista de Materiales Escuela Alejandro Coello										
LISTADO DE MATERIALES	AULA 1	AULA 2	AULA 3	AULA 4	AULA 5	AULA 6	Total	Detalle	Precio unitario	Precio Total
Lampara led de 40W	6	6	6	3	8	8	37		19,97	738,89
Toma corrientes	5	5	5	5	5	5	30		1,84	55,2
Interruptores dobles	1	1	1	1	1	1	6		2,3	13,8
Caja de distribución de 4	1			1			2		33,58	67,16
Cable AWG 12	50	50	50	50	50	50	3	rollo de 100 m	53,82	161,46
tubo metálico 1/2	7	7	7	7	7	7	42	tubos de 3 m	1,77	74,34
Cajetines rectangulares	5	5	5	5	5	5	30		0,33	9,9
Brekers 16	1	1		1	1		4		5,85	23,4
Brekers 20	1	1		1	1		4		5,85	23,4
uniones metálicas de 1/2	4	4	4	4	4	4	24		0,3	7,2
Terminal de cajetín de 1/2	8	8	8	8	8	8	48		0,3	14,4
Boquillas	1	1	1	1	1	1	6		0,47	2,82
Foco led 30w	1	1	1	1	1	1	6		0,87	5,22
Cinta Aislante Taípe	1		1		1		3		1,1	3,3
Total										1206,49

Para nuestro proyecto, hemos elegido los materiales más adecuados para cada una de las seis aulas de la unidad educativa Alejandro Coello que vamos a intervenir. A continuación, se detallan los materiales necesarios en la tabla 24.

3.1 Diseño de planos en AutoCAD.

Se llevó a cabo el diseño del plano de toda la escuela, pero solo se van a implementar seis aulas. Para esto, se utilizó el software AutoCAD, donde se diseñaron los circuitos de iluminación y fuerza, así como los tableros de distribución secundaria, todo en cumplimiento con las normas de instalación eléctrica, como la normativa NEC.

En los planos elaborados en AutoCAD, se detallaron las aulas que se van a implementar: el Aula 1 para el director, el Aula 2 para 9no “A”, el Aula 3 que es la Sala de Profesores, el Aula 4 que corresponde al DECE, el Aula 5 para 10mo “A”, y el Aula 6 para 1ro de Bachillerato. Se realizaron los circuitos de iluminación y fuerza de las aulas, así como el circuito de iluminación de los pasillos. También se llevaron a cabo cálculos, pruebas, simulaciones y un listado de materiales necesarios para la implementación de estas seis aulas. Una vez que se completaron todos estos pasos, se procedió a la implementación en la unidad educativa.

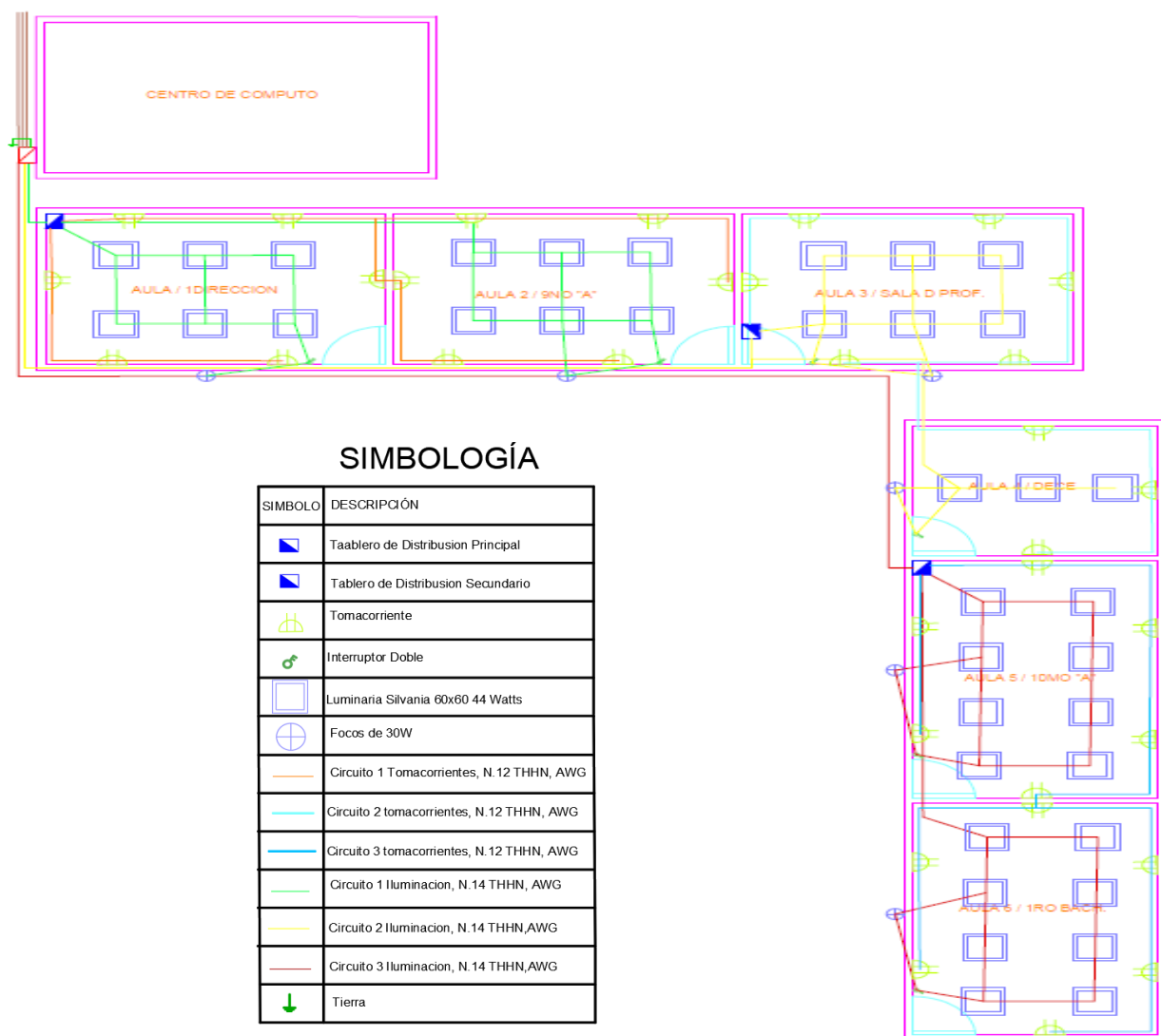


Figura 17. Diagrama Unifilar de Iluminación y Fuerza a Implementar
Fuente: Propia

3.2 Instalación

A continuación, constan las evidencias de cómo llevamos a cabo las instalaciones eléctricas en la unidad educativa Alejandro Andrade Coello. El objetivo de nuestro proyecto fue rediseñar el sistema de iluminación y fuerza, asegurándonos de que cumpla con las normativas actuales, las normas de seguridad y confort necesarias para que las aulas sean un espacio adecuado para los estudiantes, los profesores y el público en general.

3.2.1 Adaptaciones de instalación mecánica

- Descripción del problema

En la instalación eléctrica que se llevó a cabo, fue necesario realizar algunos trabajos mecánicos. Esto incluyó la instalación de tableros de distribución tanto en el área de Dirección como en el DECE, además de colocar tuberías y cajetines metálicos con abrazaderas para el sistema de fuerza de las seis aulas.

- Solución del problema

Para llevar a cabo estos trabajos mecánicos, se requirió una variedad de herramientas. Utilizamos una sierra para cortar la tubería, una dobladora de tubos para darle forma a los tubos en los ángulos necesarios, un taladro para perforar y fijar las cajas, un nivel para asegurarnos de que todo estuviera alineado correctamente, así como martillos, flexómetros y otras herramientas.



Figura 18. Medición de tubería cortado y doblado

Fuente: Propia

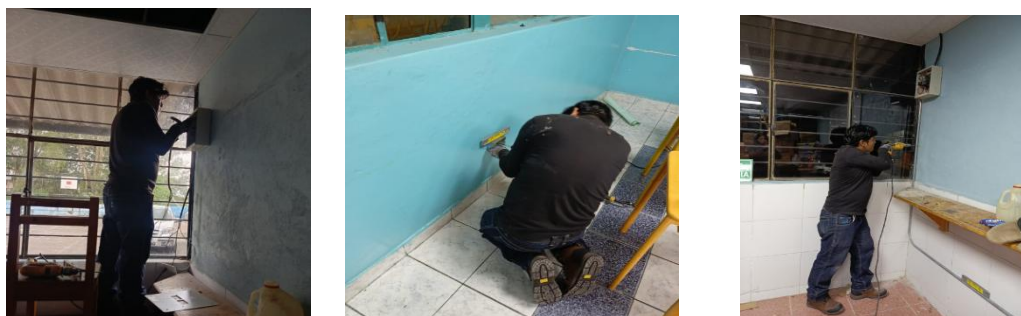


Figura 19. Instalación de tableros y cajetines nuevos
Fuente: Propia

Instalación de tableros secundarios

Vamos a instalar los tableros de distribución secundaria para poder repartir los circuitos y la carga, tal como lo indica la Norma NEC. Esta norma establece que los tableros de distribución deben colocarse en lugares visibles y accesibles, a una altura de 1.80 m del nivel del suelo. Por eso, hemos instalado estas dos cajas de distribución secundaria en el Aula 1 del director y en el Aula 4 del DECE, como se puede ver en la figura 19.



Figura 20. Instalación de tableros secundarios
Fuente: Propia

Tomacorrientes

Las aulas de la unidad educativa tenían problemas con los tomacorrientes, ya que no estaban en buen estado y solo había uno o, como máximo, dos por aula, pero estaban dañados. Por eso, se decidió implementar y distribuir un total de 6 tomacorrientes por aula, utilizando tubería Conduit y cajetines metálicos empotrados en las paredes con abrazaderas, sin exceder el límite

máximo de 15 puntos por circuito, tal como establece la Norma NEC, como se puede ver en la figura 21.

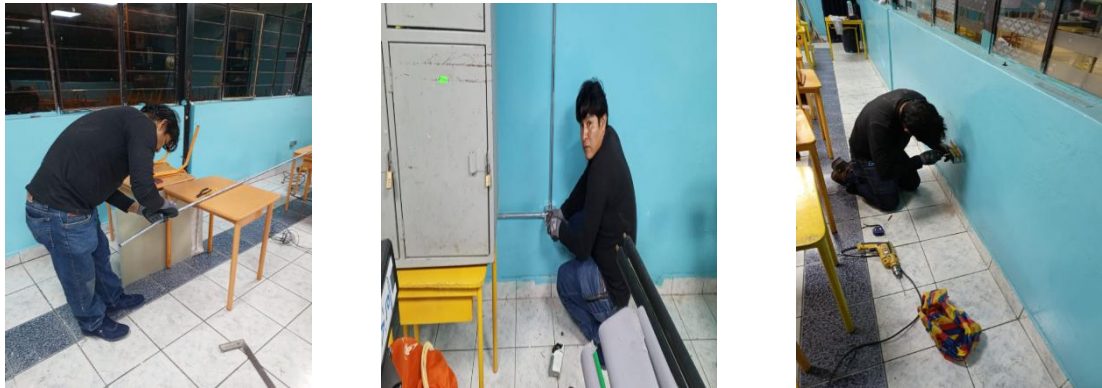


Figura 21. Instalación de cajetines y tuberías
Fuente: Propia

Interruptores

Durante la implementación, se reemplazaron todos los interruptores que estaban en mal estado. Además, se separó el circuito y el encendido de las luces del pasillo y del aula, instalando interruptores dobles en algunas aulas utilizando tubería Conduit. Todo esto se realizó cumpliendo con los reglamentos y certificaciones, como el IEC y CE, que establecen una tensión nominal de 120/240V y una corriente nominal de 15A para el circuito de iluminación, tal como se muestra en la figura 22.

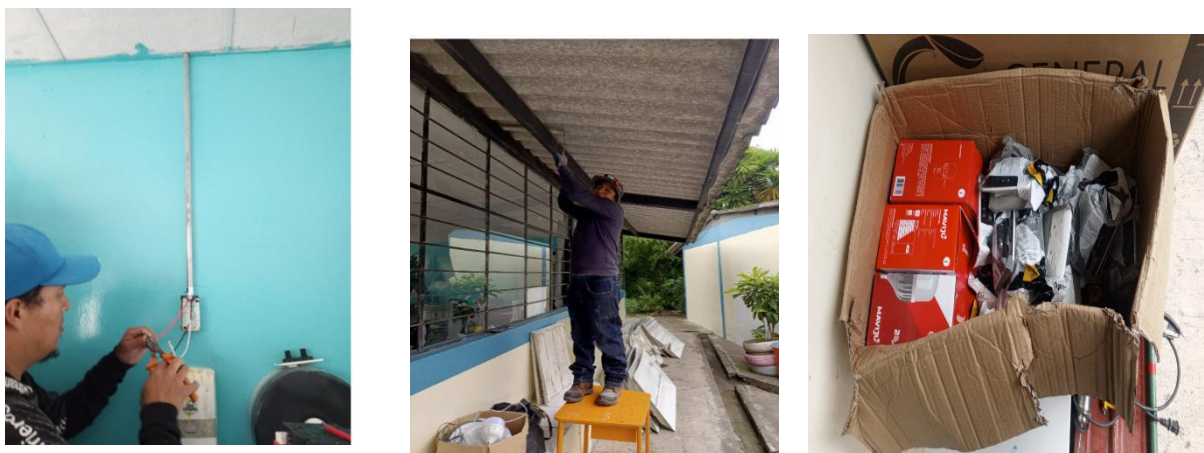


Figura 22. Iluminación de pasillos
Fuente: Propia

Instalación de luminarias

Se llevó a cabo el reemplazo de las luminarias en las 6 aulas, ya que las anteriores estaban obsoletas y en mal estado. Se instalaron lámparas LED de alta luminosidad, utilizando el simulador Dialux para asegurarnos de que el número de luminarios y los parámetros de luminosidad fueran los adecuados para cada aula.

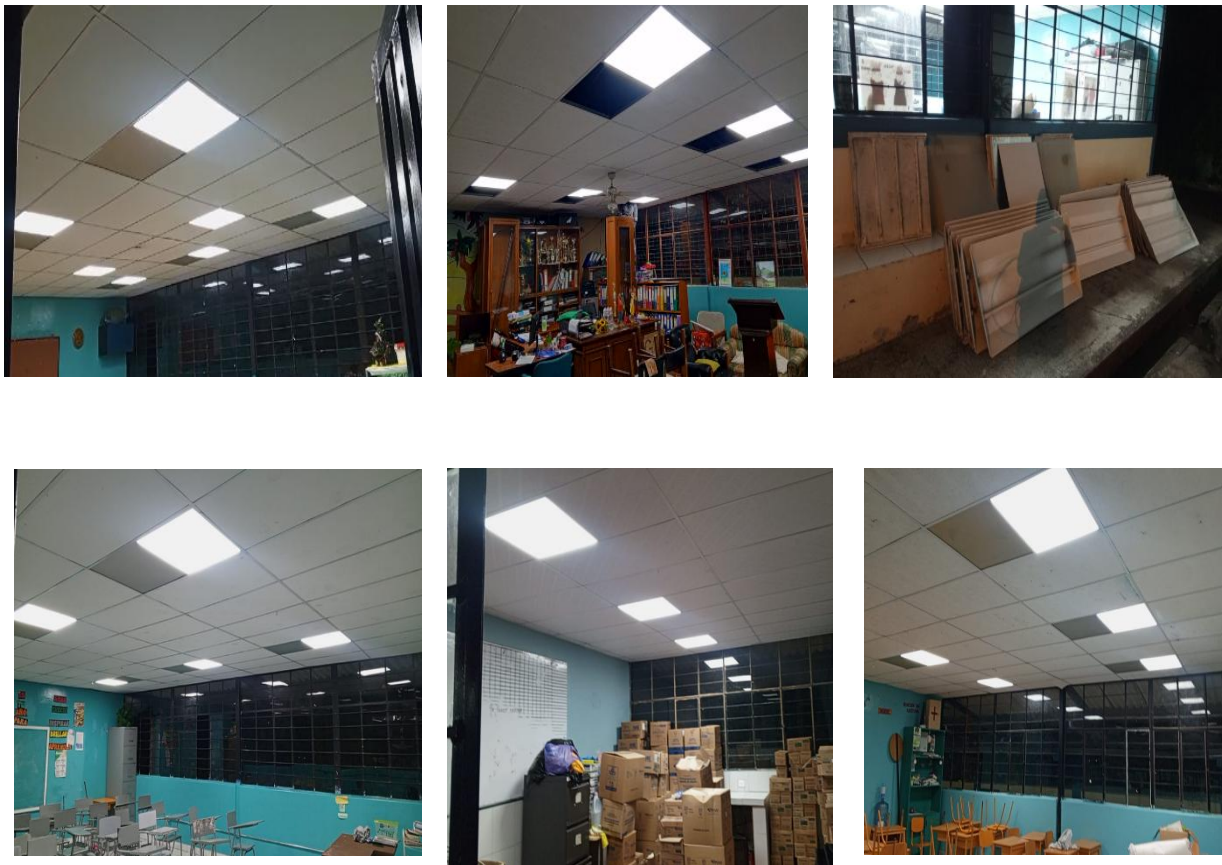


Figura 23. Iluminación de las Aulas
Fuente: Propia

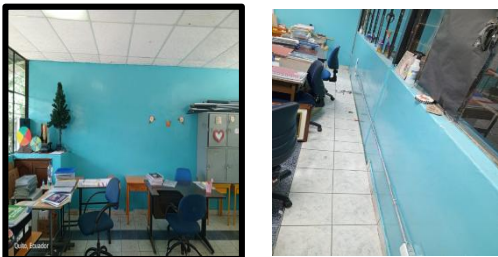
4 CAPITULO IV

4.1 PRUEBAS, RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Aquí se detalla las actividades y trabajos que hemos llevado a cabo en la implementación de nuestro proyecto. Esto incluye la instalación de un sistema de iluminación y fuerza, así como la colocación de tableros de distribución que cumplen con las normas actuales. Hemos dejado de lado los equipos obsoletos y hemos instalado nuevos tableros de distribución en lugares donde antes no existían.

Tabla 26. Tabla de imágenes de problemas detectados

Fuente: Propia

Aulas	Foto – problema	Descripción
Aula 1 - Dirección No tiene tablero de distribución		Instalación de un tablero de distribución en el rectorado acorde a la Norma NEC para una mejor distribución de la carga
Aula 2 – 9no “A” Luminarias en mal estado		Se cambio las luminarias antiguas por luminarias nuevas en las 6 aulas que es el alcance de nuestro proyecto
Aula 3 -Sala de Profesores Aula sin tomacorrientes		Se implemento circuitos nuevos de fuerza con la colocación de cajetines y tubería Conduit empotradas a la pared con abrazaderas

Aula 4 - DECE Caja térmica ubicada en el techo		Se procede a desmontar el tablero de Distribución y colocarlo en una parte apropiada para su utilización acorde a la norma NEC
Aula 5 – 10mo “A” Luminarias en mal estado		Cableado para la instalación de un nuevo circuito de iluminación nuevo con lámparas led
Aula 6 – 1 ro de Bachillerato Luminarias antiguas, dañadas y quemadas		Se realizo el cambio de las luminarias antiguas de las Aulas y de la oficina del director por nuevas luminarias led de alta luminosidad
Pasillos Corredores sin iluminación		Se procedió a desarmar la conexión de iluminación de los pasillos para local un nuevo circuito de iluminación boquilla y foco controlado por un interruptor doble instalado en cada aula

Dentro de la implementación realizamos, la implementación o colocación de tableros secundarios para distribuir los circuitos, la colocación de luminarias led, los tomacorrientes y los interruptores, utilizando tubería Conduit para el cableado y la distribución de los circuitos de carga. Se siguieron rigurosamente los parámetros de seguridad, el código de colores, las normas de iluminación y la norma NEC de construcción eléctrica, entre otros, para garantizar un ambiente seguro que cumpla con los estándares de luminosidad en las aulas.

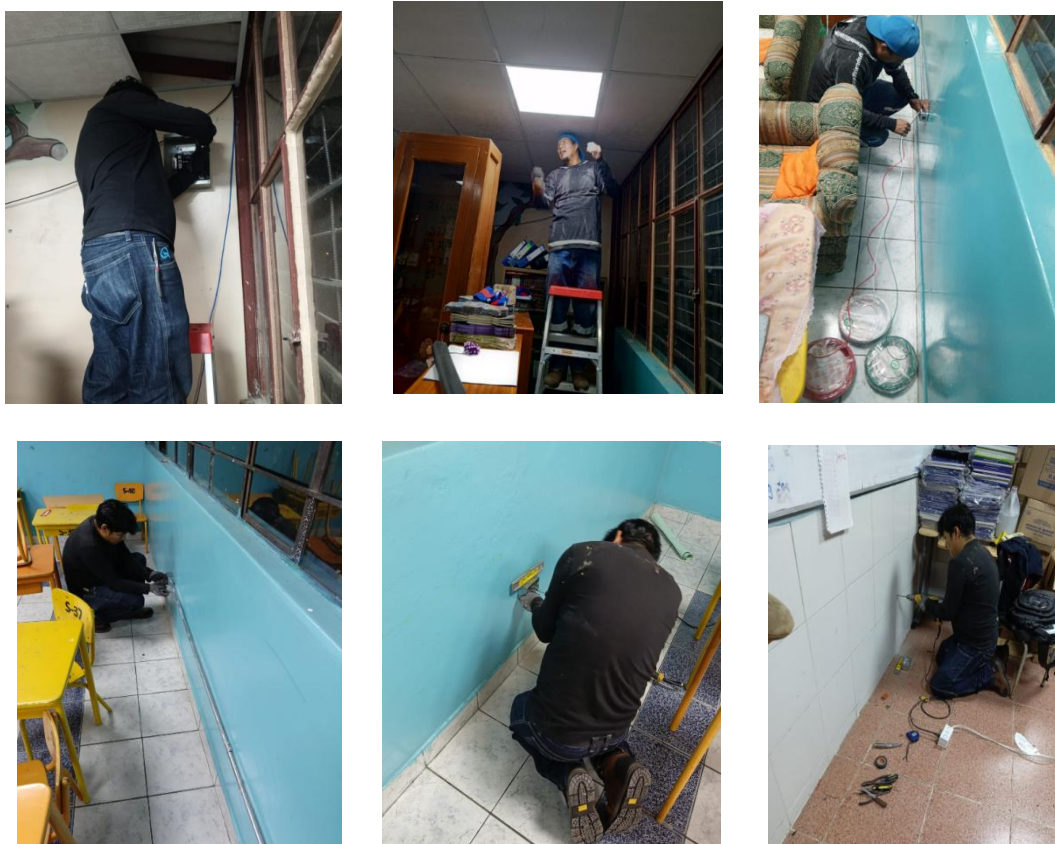


Figura 24. Implementación de las Aulas
Fuente: Propia

4.2 Pruebas de funcionamiento

El resultado es una excelente luminosidad que se ajusta a los rangos de lúmenes establecidos y cumple con la normativa UNE, creando un ambiente más iluminado y cómodo tanto para estudiantes como para docentes.

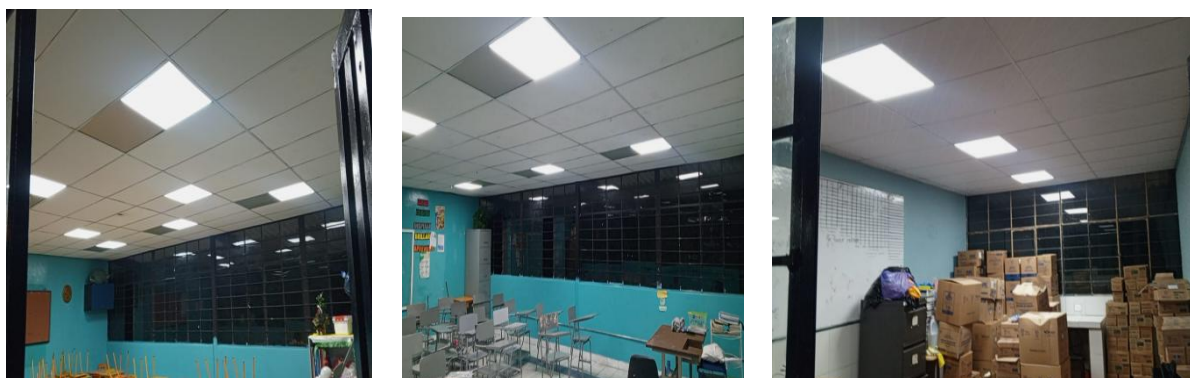


Figura 25. Implementación Luminarias nuevas
Fuente: Propia

4.3 Niveles de iluminación

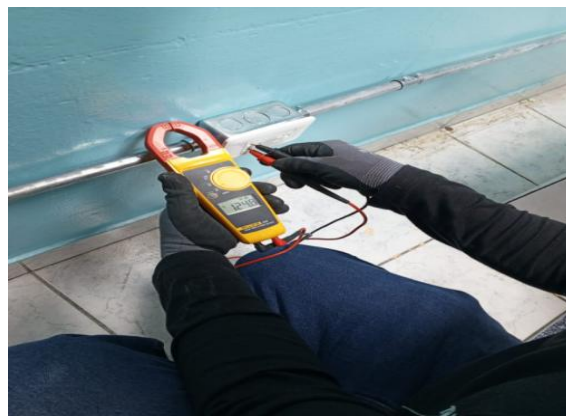
Aquí en la tabla, podemos ver nuestros valores iniciales de iluminación antes de implementar los cambios. También podemos observar el valor normal que establece la norma UNE, así como los valores que medimos después de la implementación, expresados en lux, que cumplen con el nivel requerido para las 6 aulas.

Aulas	Valor inicial lux	Valor norma UNE lux	Valor medido lux	Observación
Aula 1 - Dirección	100	300	400	Cumple el nivel requerido
Aula 2 – 9° “A”	217	300	452	Cumple el nivel requerido
Aula 3 - Sala de profesores	242	300	410	Cumple el nivel requerido
Aula 4 – DECE	236	300	472	Cumple el nivel requerido
Aula 5 – 10°	216	300	479	Cumple el nivel requerido
Aula 6 – 1ro Bachillerato	181	300	466	Cumple el nivel requerido

Una vez que se completó la implementación del sistema de iluminación y fuerza en la Unidad Educativa Alejandro Coello, se realizaron pruebas para verificar que el voltaje fuera el adecuado para su funcionamiento. También se llevó a cabo una verificación de la activación de los dispositivos de protección, simulando un cortocircuito. Como resultado, los dispositivos respondieron de inmediato, abriendo el circuito y deteniendo el flujo de corriente en menos de 2 segundos.

4.4 Variables eléctricas

Durante las pruebas de funcionamiento, medimos el voltaje en los tomacorrientes de las diferentes aulas implementadas y encontramos valores que oscilan entre 118 y 121V, lo que indica que el voltaje es adecuado para su consumo.



5 CAPITULO V

5.1 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

En la implementación de un sistema eléctrico de iluminación y fuerza en la Unidad Educativa Alejandro Coello, se concluye que se cumplió con las normativas vigentes, garantizando un entorno seguro y eficiente para las actividades educativas. Proporcionado un ambiente cómodo y seguro para estudiantes, maestros y la comunidad en general, optimizando el consumo energético y reduciendo los costos en las facturas de servicio eléctrico gracias a esta mejora sostenible a largo plazo.

Se diseñó e implementó el sistema de iluminación y fuerza cumpliendo con las normas y estándares necesarios asegurando la prolongación de la vida útil de los componentes del sistema eléctrico.

La necesidad de mejorar eficiente la iluminación en las aulas nos motivó a desarrollar e implementar este proyecto para la comunidad educativa de Alejandro Coello. Contribuyendo a la minimización del consumo y el pago excesivo de la energía eléctrica con la creación de un sistema de iluminación eficiente que cumpla con los requerimientos de un nivel mínimo de iluminación de 300 lux. Con la utilizamos el software DIALux evo para facilitar el diseño de iluminación, simulando escenarios y poder ajustando la potencia de las luminarias, la separación entre ellas, la altura de montaje y el nivel de iluminación adecuado, utilizandolo como referencia para la compra de luminarias.

5.2. Recomendaciones

Se recomienda realizar al menos una inspección visual al año del tendido eléctrico, así como revisar el estado de las luminarias y las cajas de conexiones. También es importante limpiar las luminarias para prevenir daños y asegurar la sostenibilidad del proyecto a largo plazo, beneficiando así a la comunidad educativa.

Es primordial llevar un control de mantenimiento del sistema de iluminación, para garantizar que el sistema funcione correctamente ya que con el tiempo la intensidad de la luz puede disminuir debido al envejecimiento de las lámparas y la acumulación de polvo y suciedad.

Es recomendable continuar con la implementación de las demás aulas en la unidad educativa, creando un sistema eléctrico de iluminación y fuerza, que cumplan los estándares de seguridad y eficiencia dentro de las normativas eléctricas y adaptarse al crecimiento del plantel educativo, sus estructuras y las necesidades de la institución.

6 BIBLIOGRAFIA

Establecer la bibliografía en Normas APA última versión

- Autodesk. (17 de junio de 2024). *.AutoCAD*.
<https://www.autodesk.com/products/autocad/overview?term=1-YEAR&tab=subscription>
- Bermeo, C., & Granda, L. (2013). Estudio técnico de iluminación en las aulas del Bloque B de la Universidad Técnica de Cotopaxi en el período 2011-2012. [*Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Cotopaxi*], <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/1683>.
- Bratu, A., & Campero, E. (2007). Instalaciones eléctricas. Alfaomega.
- Calderon, C. (2016). *Enseñanza de la ley de Ohm y su aplicacion de los circuitos electricos en el grado 11 de la institucion educativa Ismael Perdomo Borrero*.
<https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/55970/7715712.2016.pdf>
- Castillo, M., Escudero, P., Domínguez, J., Venegas, D., & Blanco, J. (2022). *Instalaciones eléctricas en viviendas, instalaciones eléctricas y domóticas*. Editex.
- Cevallos, A. (1996). *Hablemos de Electricidad*. Teoria y Problemas:
[https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/9270/1/HABLEMOSDEELECTRIC I DAD.PDF](https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/9270/1/HABLEMOSDEELECTRICIDAD.PDF)
- Chicaiza, A., & Guanoluisa, M. (2020). Diseño de las instalaciones eléctricas e implementación de la puesta a tierra de protección de la "Unidad Educativa Mariano Negrete". Para reducir las fallas del sistema. [*Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Cotopaxi*], <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/6784>.

- Covarrubias, D. (2019). *Manual práctico de iluminación*. Alpha. DIALux. (17 de junio de 2024). DIALux. <https://www.dialux.com/es-ES/>
- Dorf, R., & Svoboda, J. (2011). *Circuitos Eléctricos*. México: Alfaomega.
- EEASA. (2021). *GUÍAS DE DISEÑO - PARTE II - Instalaciones Eléctricas Interiores*.
- Farina, A. (2020). *Corriente Continua*.
https://www.editores-srl.com.ar/sites/default/files/alberto_farina_20201130_corriente_continua_0.pdf
- Franco, J., & Martelo, J. (2014). *Diagnostico de tecnologías emergentes en la industria del papel y del cartón*. file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Rep_Itm_pre_Franco.pdf
- Gallego, J. (2008). *Teoremas fundamentales de circuitos electricos*. https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/34049257/6213192G166-libre.pdf?1403828501=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DTEOREMAS_FUNDAMENTALES_DE_CIRCUITOS_ELEC.pdf&Expires=1717196927&Signature=FPJd5VnphCkonRSqOLWhipQ5re19dncXqC4-U5hHCON5-pIvQJMASVOLTAJE
- MASVOLTAJE. (2016). *Tipos de Cables*. <https://masvoltaje.com/blog/analisis-de-productos/tipos-de-cables-eléctricos-que-existen>
- NEC. (10 de febrero de 2018). *Norma Ecuatoriana de la Construcción*. Instalaciones eléctricas: [https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/2023/03/1.- NEC-SB-Instalaciones-Electricas.pdf](https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/2023/03/1.-NEC-SB-Instalaciones-Electricas.pdf)
- Perez, J., & Gallardo, J. (2020). *Instalaciones*. Quito: Santillan.
- Pluas, D. (2019). *Implementación de la estación de instrumentación de medidas eléctricas*. <https://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/1539/1/UNESUM-ECU-SIATEMAS-2019-06.pdf>

- Sánchez, J., & Carrasco, F. (2015). *Instalaciones eléctricas en edificios de viviendas*. Área de innovación y desarrollo.
- Sánchez, L. (2015). *Organización y gestión del montaje de las instalaciones eléctricas en el entorno de edificios y con fines especiales*. Elearning.
- Silvester, S. (2017). *Corriente Alterna*. Electricidad y magnetismo: [https://www.fro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/basicas/fisica2/files/\(7\)%20CORRIENTE%20ALTERNA%20\(a\).pdf](https://www.fro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/basicas/fisica2/files/(7)%20CORRIENTE%20ALTERNA%20(a).pdf)
- SNI. (17 de junio de 2024). *Mapa Normativo del Sector Eléctrico*. Sistema Nacional de Información: <https://www.controlrecursosyenergia.gob.ec/mapa-normativo-del-sector-electrico-ecuadoriano-2/>
- Sylvania. (26 de 07 de 2024). *LED TUBO T8*. <https://sylvania.com.ec/product/led-tubo-t8/>
- Aponte, O. (22 de junio del 2018). Cálculos para la adecuación del sistema de alumbrado para una cancha deportiva. Obtenida de; [https://steemit.com/spanish/@ojap02/calculos-para-la-adequacion-del-sistema-electrico-y- alumbrado-para-una-cancha-deportiva](https://steemit.com/spanish/@ojap02/calculos-para-la-adequacion-del-sistema-electrico-y-alumbrado-para-una-cancha-deportiva)

7 ANEXOS

7.1 Acta de aceptación del proyecto de titulación



Unidad Educativa Alejandro Andrade Coello

ACTA DE ACEPTACIÓN DEL PROYECTO DE TITULACIÓN

Quito, 10 de marzo del 2025

ENTIDAD BENEFICIARIA: Unidad Educativa Alejandro Andrade Coello

PROYECTO: Diseño e Implementación del sistema eléctrico de Iluminación y Fuerza de la Unidad Educativa Alejandro Andrade Coello

En la Parroquia San Pedro del Tingo de la Ciudad de Quito, a los 10 días del mes de marzo de 2025, se procede a la firma del presente documento con el propósito de dejar constancia de la aceptación oficial de la elaboración del proyecto que será desarrollado por los señores estudiantes del Instituto Universitario Rumiñahui:

- Carlos Felipe Columba Tibanta
- José Darío Proaño Querido

Por medio del presente, el Magister Daniel Mauricio Muñoz Nieto manifiesta su aceptación formal para que los estudiantes mencionados lleven a cabo el proyecto de titulación bajo los lineamientos establecidos.

En conformidad con lo expuesto, firman las partes involucradas:

Por los estudiantes

Firma: 

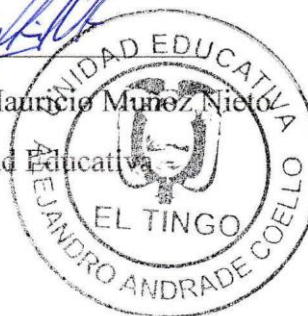
Carlos Felipe Columba Tibanta

Estudiante Instituto Universitario Rumiñahui

Cédula: 1720233657

Por la Entidad Receptora

Firma: 
Magister Daniel Mauricio Muñoz Nieto
Rector de la Unidad Educativa
Alejandro Cuello



Por los estudiantes

Firma: 

José Darío Proaño Querido

Estudiante Instituto Universitario Rumiñahui

Cédula: 1719902478

7.2 Acta de entrega y recepción del proyecto



Unidad Educativa Alejandro Andrade Coello

ACTA DE ENTREGA Y RECEPCIÓN DEL PROYECTO DE TITULACIÓN

Quito, 10 de marzo 2025

ENTIDAD BENEFICIARIA: Unidad Educativa Alejandro Andrade Coello

PROYECTO: Diseño e Implementación del sistema eléctrico de Iluminación y Fuerza de la Unidad Educativa Alejandro Andrade Coello

En la Parroquia San Pedro del Tingo de la Ciudad de Quito, a los 10 días del mes de marzo de 2025, se procede a la firma del presente documento con el propósito de dejar constancia de la aceptación oficial de la elaboración del proyecto que será desarrollado por los señores estudiantes del Instituto Universitario Rumiñahui:

- Carlos Felipe Columba Tibanta
- José Darío Proaño Querido

El presente proyecto ha sido desarrollado conforme a la propuesta inicial y entregado a entera satisfacción de la Unidad Educativa Alejandro Andrade Coello. Tras la revisión respectiva, la entidad ha manifestado su conformidad con el trabajo realizado.

Por su parte, los estudiantes dejan constancia de haber culminado y entregado el proyecto de titulación y su documentación en total correspondencia con lo estipulado en la propuesta original.

En conformidad con lo expuesto, firman las partes involucradas:

Por los estudiantes



Firma: _____

Carlos Felipe Columba Tibanta

Estudiante Instituto Universitario Rumiñahui

Cédula: 1720233657

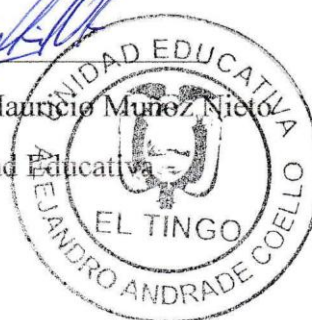
Por la Entidad Receptora

Firma: _____

Magister Daniel Mauricio Muñoz Nieto

Rector de la Unidad Educativa

Alejandro Cuello



Por los estudiantes



Firma: _____

José Darío Proaño Querido

Estudiante Instituto Universitario Rumiñahui

Cédula: 1719902478

7.3 Links de los videos de entrega e implementación

Link del video 1 de entrega del proyecto

<https://youtu.be/pAWoExN0y4o>

Link del video 2 de entrega del proyecto

<https://youtu.be/lvIGtPdLLus>

7.4 Registro fotográfico con la respectiva descripción

Para llevar a cabo estos trabajos mecánicos, fue necesario usar varias herramientas. Por ejemplo, se utilizó una sierra para cortar la tubería, una dobladora de tubos para darle forma a los tubos en los ángulos que se necesitaban, un taladro para hacer perforaciones y fijar las cajas, y un nivel para asegurarse de que todo estuviera alineado correctamente, incluyendo los cajetines. También se necesitaron un martillo, un flexómetro y, por supuesto, un taladro nivel, entre otras herramientas.



Aquí en la fotografía, estamos midiendo y cortando la tubería Conduit para instalar el circuito de fuerza. También se puede ver cómo estamos marcando la distancia de los cajetines metálicos, lo que nos permitirá perforar y empotrar todo en la pared.



Instalación de tableros secundarios

Vamos a instalar los tableros de distribución secundaria para poder gestionar los circuitos y la carga, tal como lo indica la Norma NEC. Esta norma establece que los tableros de distribución deben ubicarse en lugares visibles y accesibles, a una altura de 1.80 m del suelo. Por eso, hemos instalado estas dos cajas de distribución secundaria en el Aula 1 del director y en el Aula 4 del DECE, como se puede ver en las imágenes.



Tomacorrientes

Las aulas de la unidad educativa tenían problemas con los tomacorrientes, ya que no estaban en buen estado y solo había uno o, como mucho, dos por aula, pero estaban dañados. Por eso, se decidió implementar y distribuir un total de 6 tomacorrientes por aula, utilizando tubería Conduit y cajetines metálicos empotrados en las paredes con abrazaderas, sin exceder el límite máximo de 15 puntos por circuito que establece la Norma NEC.



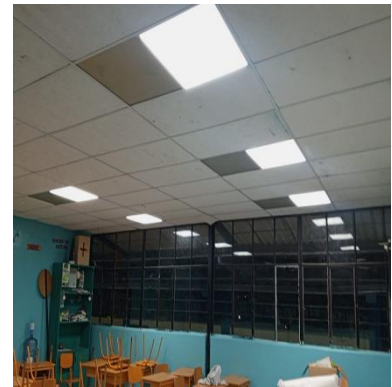
Interruptores

Durante la implementación, se reemplazaron todos los interruptores que estaban en mal estado. Además, se separó el circuito y el encendido de las luces del pasillo y del aula, instalando interruptores dobles en algunas aulas con tubería Conduit. Todo esto se realizó cumpliendo con los reglamentos y certificaciones, como el IEC y CE, que establecen una tensión nominal de 120V y una corriente nominal de 15A para el circuito de iluminación, tal como se puede ver en las imágenes.

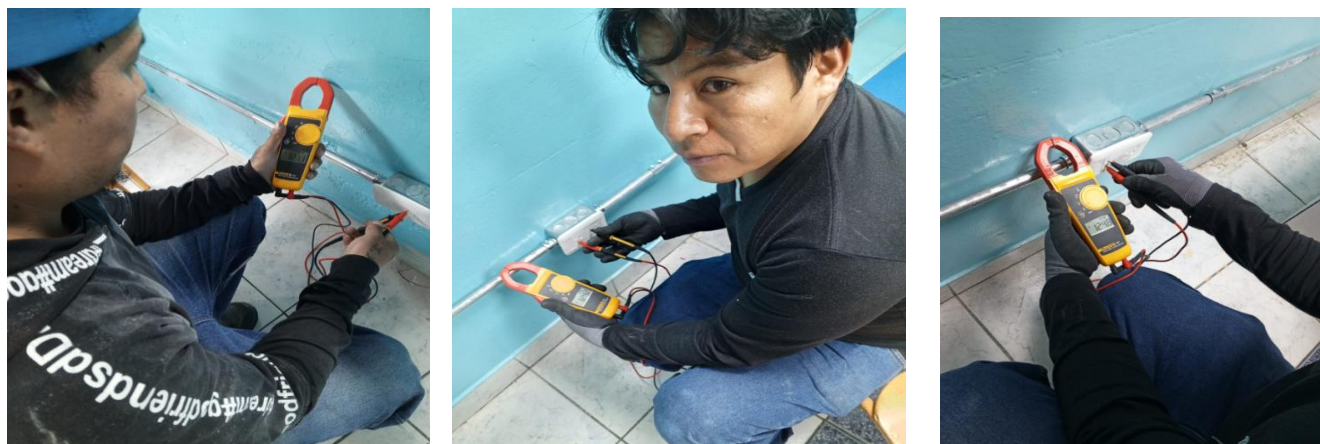


Instalación de luminarias

Se llevó a cabo la instalación de nuevas luminarias en las 6 aulas, ya que las anteriores estaban obsoletas y en mal estado. Se optó por lámparas LED de alta luminosidad, y el número de luminarios se determinó utilizando el simulador Dialux, asegurando que se cumplieran los parámetros de luminosidad adecuados para cada aula.

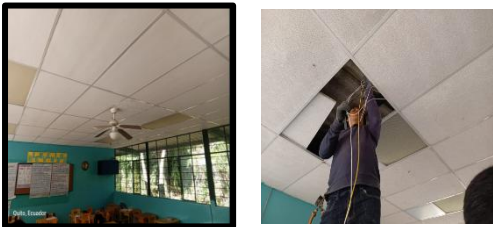


Durante las pruebas de funcionamiento, medimos el voltaje en los tomacorrientes de las distintas aulas implementadas y encontramos que los valores oscilaban entre 118 y 121V. Esto nos indica que el voltaje es adecuado para su consumo.



A continuación, les presentamos una tabla detallada que muestra cuántas aulas se han implementado, junto con fotografías y una descripción del trabajo realizado, todo en cumplimiento con las normas vigentes.

Aulas	Foto – problema	Descripción
Aula 1 - Dirección No tiene tablero de distribución		Instalación de un tablero de distribución en el rectorado acorde a la Norma NEC para una mejor distribución de la carga
Aula 2 – 9no “A” Luminarias en mal estado		Se cambio las luminarias antiguas por luminarias nuevas en las 6 aulas que es el alcance de nuestro proyecto

Aula 3 -Sala de Profesores Aula sin tomacorrientes		Se implemento circuitos nuevos de fuerza con la colocación de cajetines y tubería Conduit empotradas a la pared con abrazaderas
Aula 4 - DECE Caja térmica ubicada en el techo		Se procede a desmontar el tablero de Distribución y colocarlo en una parte apropiada para su utilización acorde a la norma NEC
Aula 5 – 10mo “A” Luminarias en mal estado		Cableado para la instalación de un nuevo circuito de iluminación nuevo con lámparas led
Aula 6 – 1 ro de Bachillerato Luminarias antiguas, dañadas y quemadas		Se realizo el cambio de las luminarias antiguas de las Aulas y de la oficina del director por nuevas luminarias led de alta luminosidad
Pasillos Corredores sin iluminación		Se procedió a desarmar la conexión de iluminación de los pasillos para local un nuevo circuito de iluminación boquilla y foco controlado por un interruptor doble instalado en cada aula

En la fotografía que vemos a continuación, se puede apreciar la firma del acta de aceptación del proyecto, realizada por el Magíster Daniel Muñoz, Rector de la Unidad Educativa Alejandro Coello.



1. Informe anti plagio firmado por el docente de la asignatura