

Pregrado

Carrera: Electricidad

Asignatura (UIC): Desarrollo de proyectos eléctricos

Trabajo de titulación previo a la obtención del

Título en: Tecnólogo Superior en Electricidad

Tema: Rediseñar e Implementación del sistema

eléctrico de la Escuela Fiscal de Educación Básica

Lucrecia Cisneros ubicada en Santa Elena, Parroquia

Colonche, Comuna Bambil Deshecho

Autor/s: Pozo Flores Wilmer Jorge

Tutor Metodológico: Ing. Diego Pichoasamin

Tutor Técnico: Ing. William Yugcha.

Fecha: 13 de marzo de 2025

Autor:



Pozo Flores Wilmer Jorge

Título a obtener: Tecnólogo Superior en Electricidad

Matriz: Sangolquí -Ecuador

Correo electrónico: wilmer.pozo@ister.edu.ec

Dirigido por:



Pichoasamin Morales Diego Fernando

Título: Ing. Electrónica en Automatización y Control

Matriz: Sangolquí -Ecuador

Correo electrónico: diego.pichoasamin@ister.edu.ec

Dirigido por:



Yugcha Quinotoa William Germanico

Título: Ing. Ingeniero Eléctrico

Matriz: Sangolquí -Ecuador

Correo electrónico: william.yugcha@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
POZO FLORES WILMER JORGE

Rediseñar e Implementación del sistema eléctrico de la Escuela de Educación Básica.

CARTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CT-ANX-2025-ISTER-2-2.2

Sangolquí, 11 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, Wilmer Jorge Pozo Flores declaro y acepto en forma expresa lo siguiente: Ser autor del trabajo de titulación denominado, Rediseñar e Implementación del sistema eléctrico de la Escuela Fiscal de Educación Básica Lucrecia Cisneros ubicada en Santa Elena, Parroquia Colonche, Comuna Bambil Deshecho, 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,



Wilmer Jorge Pozo Flores
C.I.: 0928500537

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:

WILMER JORGE POZO FLORES

TUTOR (METODOLÓGICO Y ACADÉMICO):

ING. DIEGO PICHOSAMIN

ING. WILLIAM YUGCHA

CONTACTO ESTUDIANTE:

0961343773

CORREO ELECTRÓNICO:

wilmer.pozo@ister.edu.ec

TEMA:

REDISEÑAR E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE LA ESCUELA FISCAL DE EDUCACIÓN BÁSICA LUCRECIA CISNEROS UBICADA EN SANTA ELENA, PARROQUIA COLONCHE, COMUNA BAMBIL DESHECHO

OPCIÓN DE TITULACIÓN:

UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

RESUMEN EN ESPAÑOL:

EL PROYECTO DE REDISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE TODO EL SISTEMA ELÉCTRICO EN LA ESCUELA EDUCATIVA “LUCRECIA CISNEROS”, BUSCA BRINDAR UN AMBIENTE SEGURO PARA LOS ESTUDIANTE Y DOCENTES QUE CONVIVEN DÍA A DÍA EN ELLA, REALIZANDO TRABAJOS COMO EL DISEÑO DEL NUEVO SISTEMA ELÉCTRICO MEDIANTE SOFTWARE COMO AUTOCAD Y DIALUX UNA VEZ CULMINADO EL DISEÑO SE PROCEDIÓ CON LA INSTALACIÓN DE UNA PROTECCIÓN PRINCIPAL COMO TAMBIÉN DE UN TABLERO PRINCIPAL Y TABLERO SECUNDARIOS CON SU RESPECTIVAS PUESTA A TIERRA , Y SU ACOMETIDA CORRESPONDIENTE EN LA PARTE DE ILUMINACIÓN Y DE TOMACORRIENTES SE REALIZÓ UN SISTEMA ELÉCTRICO NUEVO CON EL DIMENSIONAMIENTO ADECUADO PARA CONDUCTORES , PROTECCIONES Y NIVELES DE ILUMINACIÓN, SIGUIENDO LAS NORMATIVAS VIGENTES NACIONALES COMO INTERNACIONALES, AL FINAL DEL PROYECTO SE TOMARON NIVELES DE ILUMINACIÓN Y CAÍDA DE VOLTAJES PARA GARANTIZAR QUE TODO ESTÉ EN UN CORRECTO FUNCIONAMIENTO. CON EL PROYECTO LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA AHORA CUENTA CON UN

ENTORNO MÁS SEGURO Y CONFIABLE, QUE PROPORCIONA A ALUMNOS COMO PROFESORES LLEVAR LAS ACTIVIDADES CON BIENESTAR Y TRANQUILIDAD.

PALABRAS CLAVE:

REDISEÑO, IMPLEMENTACIÓN, SISTEMA ELÉCTRICO, SEGURIDAD, NORMATIVAS.

ABSTRACT:

THE PROJECT OF REDESIGN AND IMPLEMENTATION OF THE ENTIRE ELECTRICAL SYSTEM IN THE EDUCATIONAL SCHOOL “LUCRECIA CISNEROS”, SEEKS TO PROVIDE A SAFE ENVIRONMENT FOR STUDENTS AND TEACHERS WHO LIVE THERE EVERY DAY, DOING WORK SUCH AS THE DESIGN OF THE NEW ELECTRICAL SYSTEM USING SOFTWARE SUCH AS AUTOCAD AND DIALUX ONCE THE DESIGN WAS COMPLETED WE PROCEEDED WITH THE INSTALLATION OF A MAIN PROTECTION AS WELL AS A MAIN BOARD AND SECONDARY BOARD WITH THEIR RESPECTIVE GROUNDING, AND ITS CORRESPONDING CONNECTION IN THE PART OF LIGHTING AND OUTLETS A NEW ELECTRICAL SYSTEM WAS MADE WITH THE PROPER SIZING FOR CONDUCTORS, PROTECTIONS AND LIGHTING LEVELS, FOLLOWING THE CURRENT NATIONAL AND INTERNATIONAL REGULATIONS, AT THE END OF THE PROJECT WERE TAKEN LIGHTING LEVELS AND VOLTAGE DROP TO ENSURE THAT EVERYTHING IS IN PROPER OPERATION. WITH THE PROJECT, THE EDUCATIONAL INSTITUTION NOW HAS A SAFER AND MORE RELIABLE ENVIRONMENT, WHICH PROVIDES STUDENTS AND TEACHERS TO CARRY OUT THEIR ACTIVITIES WITH WELL-BEING AND PEACE OF MIND.

PALABRAS CLAVE:

REDESIGN, IMPLEMENTATION, ELECTRICAL SYSTEM, SAFETY, REGULATIONS.



Firma del Estudiante

Wilmer Jorge Pozo Flores

C.I.: 0928500537

SOLICITUD DE PUBLICACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CT-ANX-2025-ISTER-4

Sangolquí, 11 de marzo del 2025

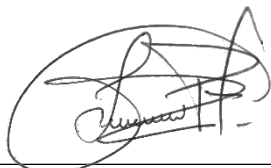
Sres.-

INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO RUMIÑAHUI CON CONDICIÓN DE UNIVERSITARIO

Presente

Yo Wilmer Jorge Pozo Flores, con C.I.: 0928500537 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
Wilmer Jorge Pozo Flores
C.I.: 0928500537

DEDICATORIA

A Dios, fuente de amor, fuerza y sabiduría sin límites. Sin Su guía, este proyecto no habría sido posible. En cada desafío, en cada dificultad y en cada logro, Él me ha acompañado y me ha empujado a seguir adelante. A toda mi familia, pilar esencial de mi vida. A mis hermanos y sobrinos, que con su amor y todo su apoyo han sido para mí fuente de motivación y felicidad. Cada palabra de ánimo y con cada gesto de cariño me han demostrado que no estoy solo, sino acompañado por los vínculos inquebrantables del hogar. A mis amigos, compañeros de risas, buenos consejeros y mucho aprendizaje. A ustedes, que estuvieron en los desafíos y en las alegrías, los agradezco por compartir esta travesía y por ser parte esencial de mi superación personal y profesional. A las personas que, aunque físicamente ausentes, continúan presentes en mi corazón. A quienes en su momento me dieron apoyo, buenos deseos y me transmitieron palabras de aliento. Sus enseñanzas y cariño son faros de luz que me guían cada día. Al conserje y autoridades de la escuela, por su labor que muchas veces pasa inadvertida, pero que resulta de un valor invaluable. Se agradecen cada amabilidad, cada gesto que hace de este lugar un sitio mejor. A todas las personas que, de una determinada forma u otra, han sido parte de mi recorrido, este proyecto también es suyo. Porque todo sueño conseguido es la suma de las enseñanzas, afectos y muestras de apoyo que he recibido.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por ser mi guía y mi fortaleza en esta travesía, a mi familia, especialmente a mis hermanos y sobrinos, por su apoyo y afecto de manera incondicional, y a mis amistades por su permanente compañía y ánimo. A mis catedráticos y tutores universitarios, que han sido pieza clave en mi proceso de formación, y al personal de la institución, incluyendo al conserje, por su gran labor. También a todos aquellos que, a pesar de estar físicamente ausentes, han dejado en mí un legado de amor y enseñanza. Para todos los que de un modo u otro han sido parte de este logro, mi sincera gratitud.

RESUMEN

El proyecto de rediseño e implementación de todo el sistema eléctrico en la escuela educativa “Lucrecia Cisneros”, busca brindar un ambiente seguro para los estudiante y docentes que conviven día a día en ella, realizando trabajos como el diseño del nuevo sistema eléctrico mediante software como AutoCAD y DIALux una vez culminado el diseño se procedió con la instalación de una protección principal como también de un tablero principal y tablero secundarios con su respectivas puesta a tierra , y su acometida correspondiente en la parte de iluminación y de tomacorrientes se realizó un sistema eléctrico nuevo con el dimensionamiento adecuado para conductores , protecciones y niveles de iluminación, siguiendo las normativas vigentes nacionales como internacionales, al final del proyecto se tomaron niveles de iluminación y caída de voltajes para garantizar que todo esté en un correcto funcionamiento. con el proyecto la institución educativa ahora cuenta con un entorno más seguro y confiable, que proporciona a alumnos como profesores llevar las actividades con bienestar y tranquilidad.

Palabras claves: Rediseño, Implementación, Sistema Eléctrico, Seguridad, Normativas.

ABSTRACT

The project of redesign and implementation of the entire electrical system in the educational school “lucrecia cisneros”, seeks to provide a safe environment for students and teachers who live there every day, doing work such as the design of the new electrical system using software such as autocad and dialux once the design was completed we proceeded with the installation of a main protection as well as a main board and secondary board with their respective grounding, and its corresponding connection in the part of lighting and outlets a new electrical system was made with the proper sizing for conductors, protections and lighting levels, following the current national and international regulations, at the end of the project were taken lighting levels and voltage drop to ensure that everything is in proper operation. with the project, the educational institution now has a safer and more reliable environment, which provides students and teachers to carry out their activities with well-being and peace of mind.

Keywords: Redesign, Implementation, Electrical System, Safety, Regulations.

ÍNDICE GENERAL

CAPITULO I.....	13
1. INTRODUCCIÓN.....	13
1.1. Planteamiento del Problema.....	13
1.2. Justificación.....	14
1.3. Alcance.....	14
1.4. Objetivos General.....	14
1.5. Objetivos Específicos.....	15
CAPITULO II.....	16
2. MARCO TEÓRICO.....	16
2.1. Descripción de instalaciones eléctricas.....	16
2.2. Corriente eléctrica.....	16
2.3. Voltaje.....	16
2.4. Tensión alterna.....	16
2.5. Frecuencia.....	17
2.6. Resistencia.....	17
2.7. Potencia.....	18
2.8. Ley de ohm.....	18
2.9. Medición de la intensidad de corriente (A).....	18
2.10. Medición de la corriente con pinza amperimétrica.....	19
2.11. Medición de tensión mediante voltímetro.....	19
2.12. Medición de resistencia con telurómetro.....	19
2.13. Medición luxes con luxómetro.....	19
2.14. Panel de distribución tipo centro de carga.....	20
2.15. Clasificación de viviendas por áreas de construcción.....	20
2.16. Factor de demanda.....	20
2.17. Método de lúmenes.....	21
2.18. Software DIALux.....	25
2.19. Software AutoCAD.....	26
CAPITULO III	27
3. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN	27
3.1. Levantamiento de información	27

3.2.	Diseño de iluminación propuesto para la escuela.....	33
3.3.	Implementación.....	66
CAPITULO IV		71
4.	PRUEBAS, RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	71
4.1.	Pruebas de funcionamiento.	71
4.2.	Tablero principal.	71
4.3.	Tablero secundario TS2 planta baja.	72
4.4.	Tablero secundario TS4 planta alta.	73
4.5.	Sistema de iluminación.....	74
4.6.	Mediciones de niveles de iluminación.....	75
4.7.	Tomacorriente después de la implementación y funcionamiento.	76
4.8.	Caída de voltaje.....	77
4.9.	Puesta a tierra.....	77
4.10.	Plan de mantenimiento preventivo.	79
CAPITULO V		81
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	81
5.1.	Conclusiones.....	81
5.2.	Recomendaciones.....	82
6.	BIBLIOGRAFÍA	83
7.	ANEXOS	85
7.1.	Acta de aceptación del proyecto de titulación	85
7.2.	Acta de entrega y recepción del proyecto de titulación.....	86
7.3.	Link del video de entrega del proyecto	87
7.4.	Registro fotográfico	88

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Valores para cálculo de factor de demanda.....	20
Tabla 2. Factor de demanda, cargas especiales.....	21
Tabla 3. Datos de coeficiente de reflexión.....	22
Tabla 4. Valores de factor de mantenimiento.....	23
Tabla 5. Medidas iniciales en lux de escenario de implementación	29
Tabla 6. Levantamiento de información	31
Tabla 7. Edificios Educativos	34
Tabla 8. Tabla de coeficiente de reflexión	35
Tabla 9. Factor de Mantenimiento.....	35
Tabla 10. Factor de utilización	36
Tabla 11. Datos establecidos para la distribución de luminarias.	38
Tabla 12. Descripción de escenarios y niveles de iluminación	43
Tabla 13. Comprobación de los niveles en lux.....	44
Tabla 14. Resumen de cargas para cada circuito	45
Tabla 15. Cálculo de protección y calibre de conductor	48
Tabla 16. Número de conductores por tamaño de tuberías.....	49
Tabla 17. Cálculo del circuito de fuerza de cada escenario.	56
Tabla 18. Dimensiones de conductores	57
Tabla 19. Dimensiones para conductores del área del tubo Conduit.....	58
Tabla 20. Determinación de alimentadores y protección.	63
Tabla 21. Listado de materiales a utilizar.....	65
Tabla 22. Imágenes antes y después de la implementación de aulas.....	74
Tabla 23. Imágenes del antes y después de la implementación de pasaje 1 y 2.	75
Tabla 24. Comprobación de lux antes y después de la implementación.....	76
Tabla 25. Datos de caída de voltaje.....	77

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Corriente alterna, señal sinusoidal	17
Figura 2. Imagen de clasificación de viviendas por área de construcción.	20
Figura 3. Dimensiones del local.....	21
Figura 4. Suspensión de lámparas.	21
Figura 5. Fórmulas para el cálculo del índice local.	22
Figura 6. Imagen de tabla de factor de utilización.	23
Figura 7. Escuela Vista satelital, vista satelital por Google Map.....	27
Figura 8. Plano de la situación inicial.....	28
Figura 9. Nivel de medición en el día del Aula 1.....	29
Figura 10. Nivel de iluminación en la noche del Aula 1	29
Figura 11. Breakers principales sobrepuesto	30
Figura 12. Subtablero de las 4 aulas	30
Figura 13. Aulas 1 sin de iluminación.	31
Figura 14. Plano unifilar situación inicial.	32
Figura 15. Ficha técnica de luminaria.....	37
Figura 16. Luminaria danp proof pfm led	37
Figura 17 Luminaria hermética led.....	37
Figura 18. Ficha técnica de la luminaria.....	39
Figura 19. Resultado del cálculo del flujo luminoso del Aula 1	40
Figura 20. Resultado del cálculo del Aula 2	40
Figura 21. Resultado del Aula 1	40
Figura 22. Resultados del Aula 3	41
Figura 23. Resultados del Aula 4	41
Figura 24. Resultados del Pasaje 1.	41
Figura 25. Resultado del Pasaje 2.	41
Figura 26. Resultados del aula 13.....	41
Figura 27. Resultados de bodega.	41
Figura 28. Resultados de baño aula 12.	42
Figura 29. Luminaria led Toledo	42
Figura 30. Medidas de cables eléctricos	47
Figura 31. Imagen de todo el sistema eléctrico de iluminación.....	50
Figura 32. Imagen de diseño eléctrico de iluminación a implementar.	51
Figura 33. Dimensiones del Aula 1 y distribución de tomacorrientes.....	52
Figura 34. Imagen de tabla N.º 2 de factor de demanda.....	53
Figura 35. Imagen de tabla N.º 6 conductores de tierra.	55
Figura 36. Imagen de la tabla N.º 5 protección calibre del conductor	55

Figura 37. Plano del sistema eléctrico general.	59
Figura 38. Imagen del plano del sistema eléctrico a implementar.....	60
Figura 39. Imagen del diagrama unifilar general.	64
Figura 40. Desmontaje de circuito de luminarias planta baja.	66
Figura 41. Desmontaje de luminarias y conductores planta alta.	66
Figura 42. Instalación del nuevo sistema de eliminación	67
Figura 43. Pasaje estado inicial.....	67
Figura 44. Toma corrientes en mal estado	67
Figura 45. Instalación del nuevo circuito de tomacorriente.....	68
Figura 46. Breaker principal.	68
Figura 47. Breakes sobrepuestos directo al medidor.....	68
Figura 48. Instalación del nuevo tablero principal	69
Figura 49. Tablero de estado inicial.....	69
Figura 50. Instalación del nuevo subtablero TS4.	69
Figura 51. Puesta a tierra estado inicial	70
Figura 52. Nueva puesta a tierra para el tablero TS2 y TS4.	70
Figura 53. Fotografías del antes de la implementación.....	71
Figura 54. Después de la implementación.....	71
Figura 55. Imagen de situación inicial del tablero TS2	72
Figura 56. Tablero secundario después de la implementación.	72
Figura 57. Fotografía de medición para el tablero TS4.	73
Figura 58. Tablero secundario nuevo TS4.....	73
Figura 59. Mediciones de lux en aulas 1,2,3 y 4.....	75
Figura 60. Medidas en lux pasaje 1 y 2.....	76
Figura 61. Tomacorriente antes de la implementación.....	76
Figura 62. Tomacorrientes del aula 3 y 4.....	77
Figura 63. Medidas de voltaje y amperio.	78
Figura 64. Puesta a tierra actual.....	79
Figura 65. Puesta a tierra TS2, TS4.	79

CAPITULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del Problema

La electricidad es necesario en todo ámbito de nuestras vidas que ha facilitado tener más comodidad para realizar nuestras actividades tanto en el hogar, económico, industrial, educación, etc., teniendo en cuenta la importancia de tener un excelente sistema eléctrico que garantice la capacidad de disponer de un suministro continuo de energía, y poder evitar fallos en nuestros equipos electrónicos y en esencial a la seguridad humana. La carencia de una adecuada infraestructura eléctrica puede ocasionar problemas de cortocircuitos, sobrecargas, e incendios que pueden afectar en la integridad de quienes habitan en el establecimiento incluido los quipos electrónicos y su buen funcionamiento.

En la Escuela Fiscal de Educación Básica “Lucrecia Cisneros” ubicada en Santa Elena, Parroquia Colonche, Comuna Bambil Deshecho, observamos deficiencias en el sistema eléctrico que afectan directamente a la seguridad de los equipos, y de los profesores y estudiantes que conviven en el establecimiento. Como la falta de un tablero principal de distribución, esto dificulta la adecuada distribución de la energía eléctrica y favorece de que se produzcan sobrecargas en el sistema. El sistema no se rige a las normativas para las respectivas protecciones, además el circuito de iluminación y tomacorrientes están conectadas a la misma alimentación, estos causan una deficiente distribución de la carga.

Existen aulas que están directamente conectadas a la red de distribución, sin disponer de instalaciones adecuadas para controlar el suministro eléctrico. Dicha circunstancia hace que esté en peligro la seguridad de alumnos y profesores, pues la ausencia de una protección apropiada puede dar lugar a accidentes eléctricos e incendios que, si ha presentado, pero han sido controlados, además en varias aulas no tienen iluminación por problemas en el sistema.

Todos estos acontecimientos tienen un efecto desfavorable en el desempeño académico en las labores diaria para profesores como estudiantes que limitan a uso de todos los equipos audiovisuales como escenarios por la carencia de electricidad.

Con el presente proyecto se busca solucionar dichas falencias a partir del rediseño completo del sistema eléctrico de la Escuela Lucrecia Cisneros, procurando una eficiente y segura distribución de la energía.

1.2. Justificación

Unos de los pilares esenciales para el apropiado funcionamiento y avances de las actividades académicas y administrativas, es constar con una excelente infraestructura en las instalaciones eléctricas, en el caso de la escuela, por la antigüedad el sistema eléctrico actual consta con problemas como sobrecargas, sobredimensionamiento, lo que genera riesgos en la seguridad de los estudiantes y profesores, y posibles daños de los equipos audiovisuales que son utilizados por los mismos.

Con la suma de nuevos elementos electrónicos, como computadoras y equipos de comunicación y la falta de iluminación como actualización, hacen evidente la necesidad de realizar el proyecto de rediseño va a permitir cumplir con las normas de seguridad actual.

1.3. Alcance

El proyecto realizamos el levantamiento de carga de la situación de la institución inicial como base para mejorar las falencias que tiene el sistema eléctrico, se plantea el diseño de todo el sistema eléctrico de la Escuela de Educación Básica Lucrecia Cisneros con un área total de 69x72 m², que conta con 28 escenarios, se desarrollará utilizando software como AutoCAD, DIALux cumpliendo las normas vigentes a nivel nacional e internacional, el rediseño se implementara en 4 Aulas de 9x6 m², más los pasajes 1 y 2, se determinara con los respectivos cálculos de conductores, protecciones y un tablero principal, además de estudios de iluminación con equipos de medición como luxómetro, el proyecto abarca desde medidor, al final se entregara los planos a la directiva del plantel educativo.

1.4. Objetivos General

Implementar el sistema eléctrico de la escuela de Educación Básica Lucrecia Cisneros, mediante la ejecución de diseños y estudios que cumplan las normas de seguridad, funcionalidad energética del establecimiento educativo.

1.5. Objetivos Específicos

- Realizar un levantamiento y cargas del sistema eléctrico actual de la Escuela de Educación Básica Lucrecia Cisneros, para identificar las deficiencias y aplicar mejoras que garanticen un buen funcionamiento.
- Desarrollar un diseño del sistema eléctrico del establecimiento educativo utilizando el software como AutoCAD para la distribución de los elementos eléctricos, y realizar el estudio de iluminación por medio del software DIALuX, para garantizar un rango optimo de iluminación en todas las áreas.
- Dimensionar el sistema de fuerza e iluminación del sistema eléctrico mediante las normas del Código Eléctrico Nacional (NEC) e internacionales, garantizando la elección adecuada de los conductores, protecciones para cumplir las exigencias de seguridad, eficiencia y fiabilidad sistema eléctrico.
- Instalar el nuevo sistema eléctrico desde en medidor hacia el tablero principal como secundarios con su respectiva puesta a tierra, además como los circuitos de iluminación y tomacorrientes que son de gran importancia para el desarrollo de las actividades del plantel.
- Tomar mediciones del nuevo sistema eléctrico implementado como caída de voltajes y niveles de luminosidad que cumplan con los estándares vigentes a nivel nacional.

CAPITULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Descripción de instalaciones eléctricas.

Es el sistema compuesto por tuberías, cajas de conexión, cables eléctricos y dispositivos de control y protección, todos interconectados dentro de un área específica para garantizar un suministro y uso seguro de la energía eléctrica. La canalización se refiere al elemento utilizado para alojar los conductores dentro de una instalación eléctrica. (Lima Velasco, 2024)

2.2. Corriente eléctrica.

Es la velocidad de desplazamiento de las cargas en un determinado circuito se denomina corriente. Es un traslado de electrones que se mueven en la misma dirección. Cualquier elemento con electrones libremente en movimiento atrapados entre los átomos de su red se denomina conductor. Entre las causas que generan este desplazamiento se encuentra al aplicar al conductor una diferencia de potencial. Cuando una o varias cargas eléctricas se desplazan de un punto a otro de un mismo conductor, afirmaremos que por él fluye una corriente eléctrica. (Cevallos, 2004)

2.3. Voltaje.

La tensión, que también se denomina diferencia de potencial, indica la energía suministrada por la batería o el generador para provocar el desplazamiento de los electrones en un determinado circuito. Se denomina voltios (V). En las aplicaciones prácticas, la diferencia de potencial existente entre dos puntos de un mismo circuito corresponde a la tensión eléctrica entre ambos. Así, podríamos decir que el voltaje eléctrico es la magnitud de energía que debería suministrar un generador para trasladar una carga de 1 culombio entre estos dos puntos de un circuito. La unidad de medida es el voltio (V). (sices, 2021)

2.4. Tensión alterna.

Es común trabajar con tensiones que sufren variaciones de magnitud y polaridad a lo largo del tiempo. Esta clase de tensión se reconoce como tensión alterna y generalmente se expresa a través de letras minúsculas (v). Se define porque su valor instantáneo y su polaridad varían continuamente. Un buen ejemplo es la tensión senoidal, tal y como se representa en la figura 1. Un generador de tensión alterna es el alternador la fuente de energía en un vehículo. (sices, 2021)

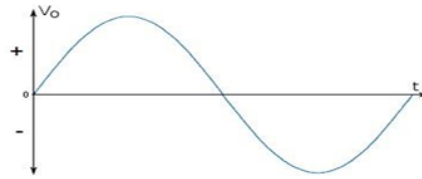


Figura 1. Corriente alterna, señal sinusoidal

2.5. Frecuencia.

La frecuencia (f) se determina mediante el número de ciclos que se repiten por segundo en una señal de tensión o de corriente alterna. La frecuencia se mide en hercios (Hz). Es decir que la tensión varía de polaridad 50 veces por segundo.

Por otro lado, el periodo (T) es el inverso de la frecuencia y se expresa en segundos. Representa el tiempo que tarda la señal en completar todo un ciclo. (sices, 2021)

$$f = \frac{1}{T} = \text{Hz} = s^{-1} = \frac{1}{s} \quad (1)$$

2.6. Resistencia.

La resistencia eléctrica corresponde a la dificultad que un elemento del circuito interpone al paso de corriente. Ésta se denomina resistencia eléctrica y se expresa en ohmios (Ω). En términos muy generales, la resistencia eléctrica se designa con el grado de oposición que presenta un cuerpo al flujo de la electricidad. Se expresa en ohmios (Ω). (sices, 2021)

La resistencia de la que dispone un material se produce por la dificultad a la están sometidos los electrones para moverse a través de él, pues deben evitar los átomos que están presentes en el material. Cuando se somete a tensión en los extremos de un determinado material conductor, los átomos del mismo liberan electrones de valencia, posibilitando el fluido de carga eléctrica (corriente electrónica). (sices, 2021)

La resistencia al paso de la corriente eléctrica de un material se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$R = P * \frac{l}{s} \quad (2)$$

Donde:

R expresa la resistencia, en ohmios (Ω).

ρ es la resistividad del material, que se mide en ohmios por metro ($\Omega\cdot m$).

l representa la longitud del conductor, expresada en metros (m).

s es la sección transversal del conductor, por metros cuadrados (m^2).

2.7. Potencia.

El vatio (W) es la unidad medida de la potencia y debe su nombre a James Watt. Expresa el trabajo de un circuito eléctrico cuando se aplica en sus terminales una tensión de 1 voltio y fluye por él una corriente de 1 amperio durante 1 segundo. (sices, 2021)

$$P = V * I \quad (3)$$

Donde:

P: es la potencia eléctrica expresada en vatios (W).

V: es la tensión o diferencia de potencial expresada en voltios (V).

I: es la intensidad de corriente expresada en amperes (A).

2.8. Ley de ohm.

Cuando un circuito presenta una fuerza electromotriz (f.e.m), la intensidad de corriente eléctrica que circula por el circuito es directamente proporcional a la f.e.m e inversamente proporcional a la resistencia absoluta del circuito. (Martín Pérez, 2010)

$$I = \frac{E_T}{R_T} \quad (4)$$

I = Intensidad de corriente (Amperios A); E_T = f.e.m. en Voltios (V); R_T = Resistencia total en Ohmios (Ω).

2.9. Medición de la intensidad de corriente (A).

Para realizar la medida de intensidad, el instrumento debe ser colocado en la línea (fase) donde se realizará la medición. La forma de conexión empleada es en serie con las cargas, lo cual implica la conexión del aparato directamente en el mismo conductor. La

herramienta empleada para tal fin es el amperímetro, que puede ser tanto analógico como digital. (unlp, 2020)

2.10. Medición de la corriente con pinza amperimétrica.

La otra técnica de medición es la pinza amperimétrica, que detecta el campo magnético producido por la corriente y lo transforma en un valor que se expresa en amperios. Con este procedimiento se puede leer tanto la corriente continua como la alterna. (unlp, 2020)

2.11. Medición de tensión mediante voltímetro.

Estos equipos poseen en su parte interior una bobina con numerosas espiras y una sección transversal muy reducida, lo que le confiere una elevada resistencia interna. Esta característica es fundamental para hacer posible su conexión en paralelo en terminales a los que se quiere medir la tensión. (mheducation, 2004)

2.12. Medición de resistencia con telurómetro.

El medidor es un aparato que permite medir la resistividad de la tierra. El dispositivo efectúa la medición empleando las picas de referencia situadas a ciertas distancias del electrodo de tierra que se desea analizar, ofreciendo directamente el valor de la resistencia sobre la escala. (mheducation, 2004)

2.13. Medición luxes con luxómetro.

El luxómetro se utiliza para medir la intensidad luminosa en sectores como la industria, la agricultura y la investigación. Además, es una herramienta utilizada para evaluar la iluminación en espacios de trabajo, en la decoración de tiendas y por diseñadores. Este dispositivo aplica todas las normas nacionales e internacionales de su clase. Su funcionamiento es muy fácil e intuitivo, lo que facilita su operación incluso a aquellas personas que carecen de preparación técnica específica. Para obtener mediciones precisas, sin embargo, es recomendable tener en consideración las condiciones preliminares, como son la distancia y el grado de inclinación entre el luxómetro y la superficie a evaluarse, asegurando así una alta reproductividad de los resultados. (Ibérica, 2009)

2.14. Panel de distribución tipo centro de carga.

La instalación de los cuadros de distribución debe cumplir varios requisitos. Se deben ubicar en un área siempre seca, en un lugar estratégico que reduzca al mínimo la separación de las cargas parciales de la instalación, además de sobre paredes de fácil acceso para las personas que realicen tareas de mantenimiento o reconexión. Sobre la cara interna de la tapa o puerta del tablero, obligatoriamente se incluirá el esquema unifilar con la relación de los circuitos que se protegen con cada disyuntor. Se debe asegurar un balance adecuado en la distribución de las cargas que corresponden a cada fase. Por cada cinco salidas que se conectan al panel, se debe prever al menos una salida de reserva. Con cada circuito debe disponerse de su respectivo elemento de protección contra sobrecargas. El panel debe colocarse a una altura de 1,60 metros desde la altura del suelo hasta su base. Es indispensable que el panel de distribución disponga de una barra neutra con aislamiento y una barra de tierra. (NEC, 2018)

2.15. Clasificación de viviendas por áreas de construcción.

Debido a que los valores máximos de demanda de las diferentes cargas no suelen concordar con las potencias nominales señaladas en las placas, los factores de demanda se establecen en base al tipo de vivienda y a la zona de construcción, como se especifica en la siguiente figura.

TIPO DE VIVIENDA	ÁREA DE CONSTRUCCIÓN (m ²)	Número Mínimo de Circuitos	
		Iluminación	Tomacorrientes
Pequeña	A < 80	1	1
Mediana	80 < A < 200	2	2
Mediana grande	201 < A < 300	3	3
Grande	301 < A < 400	4	4
Especial	A > 400	1 por cada 100 m ² o fracción de 100 m ²	1 por cada 100 m ² o fracción de 100 m ²

Figura 2. Imagen de clasificación de viviendas por área de construcción.

Fuente: (NEC, 2018)

2.16. Factor de demanda.

Los factores de demanda para tomacorriente e iluminación tomamos en cuenta lo que nos indica la NEC en la tabla N.º 1 de factor de demanda.

Tabla 1. Valores para cálculo de factor de demanda.

Vivienda tipo	FD Iluminación	FD Tomacorriente
Pequeña-mediana	0.70	0.50
Mediana grande-Grande	0.55	0.40
Especial	0.53	0.30

Fuente: (NEC, 2018)

Para el cálculo del factor de demanda para cargas especiales consideramos los siguientes datos:

Tabla 2. Factor de demanda, cargas especiales.

Para 1 carga	Para 2 o más cargas	Para 2 o más cargas	Para 2 o más cargas
	CE<10kW	10kW<CE<20kW	CE>20kW
1	0.80	0.75	0.65

Fuente: (NEC, 2018)

2.17. Método de lúmenes.

Con este método se busca calcular la iluminancia media en servicio dentro de un local con iluminación general. Constituye una aplicación sencilla y práctica, por lo que es muy utilizada en la iluminación de espacios interiores, en particular cuando no se dispone de un índice de precisión elevado, como sucede en la mayoría de los procedimientos. (Fernandez, 1999)

1) Dimensiones del local.

Debemos considerar las medidas como la altura del suelo hasta la superficie de la mesa de trabajo, y las dimensiones del local. (Fernandez, 1999)

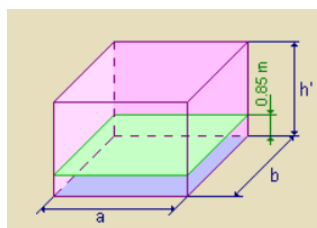


Figura 3. Dimensiones del local.

Fuente: (Fernandez, 1999)

2) Suspensión de luminaria.

Se determina la altura de las lámparas según para nuestro sistema de iluminación elegido, tomamos en cuenta las siguientes indicaciones de la figura 4. (Fernandez, 1999)



Figura 4. Suspensión de lámparas.

Fuente: (Fernandez, 1999)

En la figura 4 observamos que:

h: altura sobre el plano de trabajo y luminarias.

h': Altura del local.

d: Altura del techo al plano de trabajo.

d': Altura de luminarias entre el plano del trabajo.

- 3) Para el cálculo de índice local se realiza considerando las dimensiones y alturas del plano de trabajo y la iluminaria mediante las siguientes formulas:

(Fernandez, 1999)

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

Figura 5. Fórmulas para el cálculo del índice local.

Fuente: (Fernandez, 1999)

- 4) Mediante una tabla de coeficiente de reflexión escogemos los valores cercanos considerando los colores y material del techo, paredes y suelo. (Fernandez, 1999)

Tabla 3. Datos de coeficiente de reflexión

	Color	Factor de reflexión (η)
Techo	Blanco o muy claro	0.7
	Claro	0.5
	Medio	0.3
Paredes	Claro	0.5
	Medio	0.3
	Oscuro	0.1
suelo	Claro	0.3
	Oscuro	0.1

Fuente: (Fernandez, 1999)

- 5) Para determinar el factor de utilización (η),

Basándose en el índice del local y en los coeficientes de reflexión, cuyos datos son presentados por los fabricantes, es lo que permite determinar los factores de luminosidad. En las tablas, se presentan estos valores en función del tipo de luminaria, en proporción a los factores de reflexión y al índice del local. En la figura 6 podemos 0.5 representa al techo, 0.3 es la pared y el suelo 0.1. (Fernandez, 1999)

Tipo de aparato de alumbrado	Índice del local k	Factor de utilización (η)								
		Factor de reflexión del techo								
		0.7			0.5			0.3		
		Factor de reflexión de las paredes								
		0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1
	1	.28	.22	.16	.25	.22	.16	.26	.22	.16
	1.2	.31	.27	.20	.30	.27	.20	.30	.27	.20
	1.5	.39	.33	.26	.36	.33	.26	.36	.33	.26
	2	.45	.40	.35	.44	.40	.35	.44	.40	.35
	2.5	.52	.46	.41	.49	.46	.41	.49	.46	.41
	3	.54	.50	.45	.53	.50	.45	.53	.50	.45
	4	.54	.56	.52	.59	.56	.52	.59	.56	.52
	5	.63	.60	.56	.63	.60	.56	.62	.60	.56
	6	.68	.63	.60	.66	.63	.60	.65	.63	.60
	8	.71	.67	.64	.69	.67	.64	.68	.67	.64
	10	.72	.70	.67	.71	.70	.67	.71	.70	.67

Figura 6. Imagen de tabla de factor de utilización.

Fuente: (Fernandez, 1999)

- 6) El factor de mantenimiento (fm) del local se determina, categorizando el nivel de suciedad ambiente del local y además de la periodicidad de limpieza del mismo, los valores para una limpieza habitual son las siguiente: (Fernandez, 1999)

Tabla 4. Valores de factor de mantenimiento.

Ambiente	Factor de mantenimiento (fm)
Limpio	0.8
Sucio	0.6

Fuente: (Fernandez, 1999)

- 7) Para calcular el flujo luminoso utilizamos la siguiente formula:

$$\Phi T = \frac{E * S}{\eta * fm} \quad (5)$$

E: Nivel de Luxes de iluminación

ΦT : Flujo luminoso total

S: Superficie del Plano de trabajo

fm: Factor de mantenimiento

η: Factor de utilización

- 8) Para determinar el número de luminarias se utiliza la siguiente formula:

$$N = \frac{\Phi T}{\Phi L} \quad (6)$$

N : Numero de luminarias.

ΦT : Flujo luminoso Total.

ΦL : Flujo luminoso de luminaria.

9) Colocación de luminarias.

Determinado el número a utilizar de lámparas y luminarias, se procederá a su ubicación en la estructura del local. En el área de la planta rectangular, la distribución de luminarias se efectúa de modo uniforme en hileras alineadas con los ejes de simetría del área, de acuerdo con las fórmulas que se muestran a continuación: (Fernandez, 1999)

$$N_{ancho} = \sqrt{N_{total} * \frac{A_{ancho}}{B_{largo}}} \quad (7)$$

$$N_{largo} = N_{ancho} * \frac{B_{largo}}{A_{ancho}} \quad (8)$$

A = Representa ancho en metros

B = Representa largo en metros

N = Representa al número de luminarias

10) Conviene, por otra parte, verificar la validez de dichos valores, comprobando si la intensidad luminosa media que se obtiene en la instalación proyectada cumple o supera el valor que se recomienda en las tablas. Para el cálculo se emplea la siguiente formula: (Fernandez, 1999)

$$Em = \frac{NL * \Phi L * \eta * fm}{S} = \quad (9)$$

Em : Nivel medio de iluminación en (lx)

NL : Número de luminaria.

ΦL : Flujo luminoso de luminaria.

η : Factor de utilización.

fm : Factor de mantenimiento.

S : Superficie del área.

2.18. Software DIALux.

DIALux evo es una avanzada herramienta libre para el diseño luminotécnico profesional de ambientes interiores y exteriores. Sus principales beneficios, la normativa que integra para la realización de las simulaciones. (DIALux, 2025)

1) Beneficios de DIALux evo.

- **Accesibilidad sin coste:** Está disponible de forma libre y gratuita para su utilización personal, educacional y comercial, lo cual facilita su uso a una enorme variedad de usuarios. (DIALux, 2025)
- **Diseño comprensible:** Favorece la proyección y el cálculo de instalaciones de iluminación en una diversidad de entornos, desde estancias individuales a edificios de múltiples plantas, así para ambientes exteriores tales como parques, vías públicas y calzadas. (DIALux, 2025)
- **Cumple la normativa:** Integra las últimas normativas y reglamentos a nivel internacional, asegurando que los proyectos cumplen con los requerimientos establecidos. (DIALux, 2025)
- **Extensa librería de luminarias:** Ofrece acceso a una extensa gama de luminarias originales de fabricantes de renombre, lo cual permite una planeación más exacta y acorde con la realidad. (DIALux, 2025)

2) Estándares incluidos en DIALux evo.

DIALux evo incorpora varias normas internacionales garantizando que los proyectos de iluminación se ajusten a la normativa vigente. Las más importantes son:

- **ES 12464-1:2021:** Iluminación de ambientes de trabajo interiores.
- **EN 12464-2:2014:** Iluminación para ambientes de trabajo al aire libre.
- **EN 13201:2015:** Iluminación de carreteras.
- **Manual de iluminación IESNA (10ª edición):** Referencia clave para el diseño de iluminación en Estados Unidos.

Al incorporar estas normas, los diseñadores pueden garantizar que sus proyectos satisfacen los requisitos concretos de cada aplicación y ubicación. (DIALux, 2025)

2.19. Software AutoCAD.

AutoCAD es uno de los mejores programas de diseño gráfico asistido por ordenador (CAD) creado por Autodesk y empleado en campos tales como la arquitectura, la ingeniería, así como el proyecto industrial.

Principales ventajas de AutoCAD:

Optimización del diseño: permite crear y editar proyectos de forma rápida y exacta, reduciendo al mínimo la realización de planos manuales y repetitivos.

Automatización de procesos: Integra avanzadas funciones que agilizan el trabajo de diseño reduciendo el tiempo invertido en labores repetitivas, como son la creación de bloques y la generación automática de listas de materiales.

Alta exactitud: Se distingue por su facilidad para manejar el sistema métrico y las unidades estándar, garantizando un gran nivel de detalle y precisión en los cálculos de los diseños.

Versatilidad en 2D y 3D: Proporciona la capacidad de realizar trabajos tanto en dos dimensiones como en tres, acoplándose a las diferentes exigencias y tipos de proyección. (Autodesk, 2024)

CAPITULO III

3. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

3.1. Levantamiento de información



Figura 7. Escuela Vista satelital, vista satelital por Google Map.

La Escuela Fiscal de Educación Básica “Lucrecia Cisneros”, se encuentra ubicada en Santa Elena, Parroquia Colonche, Comuna Bambil Deshecho, el cual consta con 17 Docentes y 415 estudiantes con modalidad es Presencial en jornada Matutina, en la visita se pudo evidenciar que cuenta con problemas en las instalaciones eléctricas, desde su creación no conso con las Normativas Ecuatoriana de la Construcción (NEC), para el diseño del sistema eléctrico también no ha recibido mantenimiento y actualización desde su construcción, actualmente, tiene un sistema que esta deteriorado, obsoleto e insuficiente para satisfacer las necesidades en iluminación, y la seguridad de los equipos tecnológicos que usan los estudiante.

En la parte de iluminación las aulas del pabellón de dos plantas no existen iluminación los cableados han presentado problemas de cortocircuito, demás en los escenarios no satisface con los estándares de una iluminación optima.

Los breakeres principales que están conectados con el medidor representan un riesgo para la seguridad de los estudiantes, y los quipos audiovisuales están en riesgo de sufrir daños, así como el pabellón de 4 aulas que no están conectado al medidor.

Con el proyecto se busca actualizar el sistema eléctrico de la infraestructura para mejorar la seguridad y adecuar la escuela a los requisitos actuales.

3.1.1. Composición de la Situación inicial del sistema eléctrico.

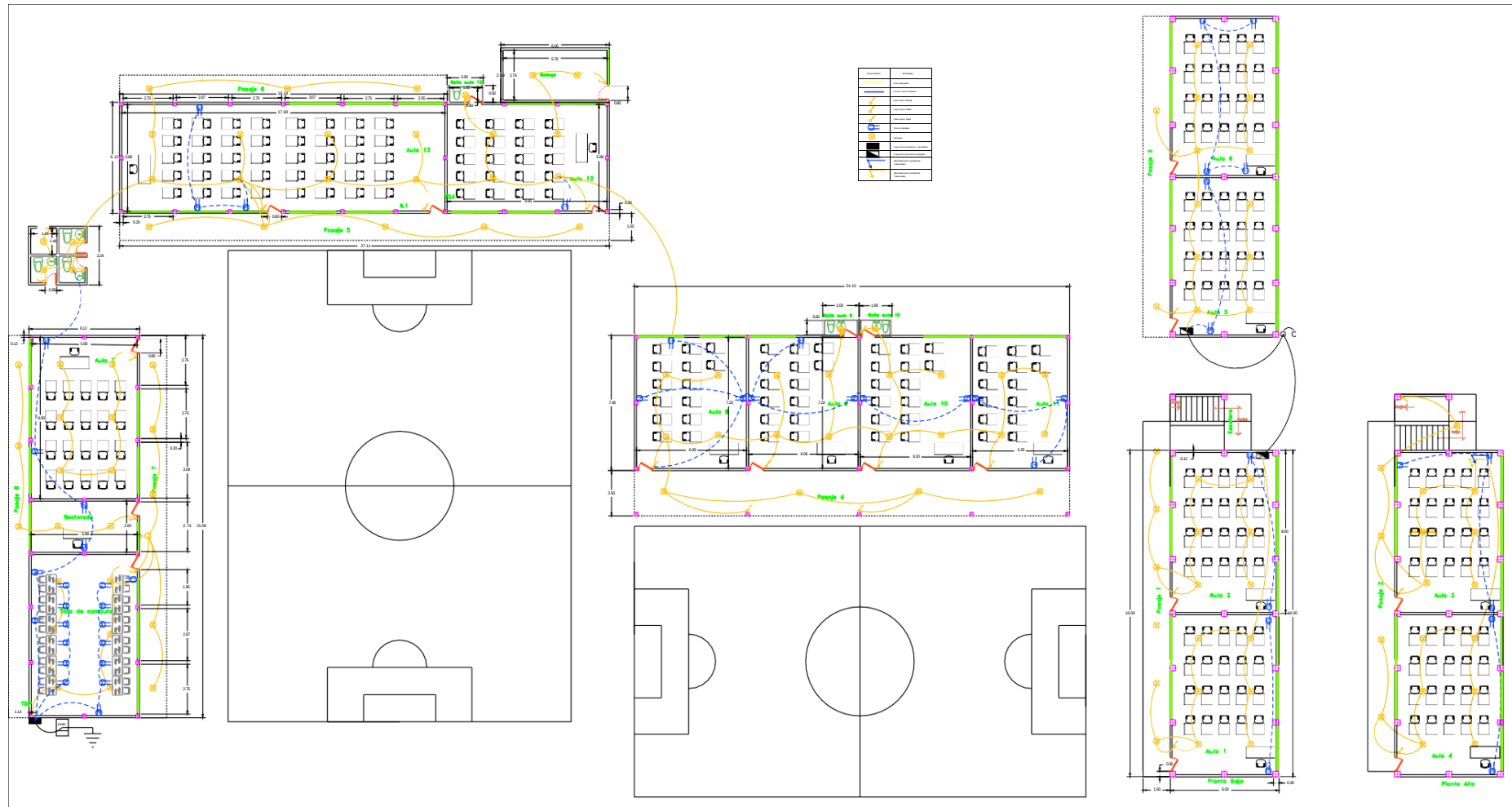


Figura 8. Plano de la situación inicial

1) Niveles de iluminación en lux del Aula1.



Figura 9. Nivel de medición en el día del Aula 1



Figura 10. Nivel de iluminación en la noche del Aula 1

Las medidas obtenidas con el luxómetro podemos constatar los niveles de luxes que tiene el aula 1 tanto en el día, en la noche no hay iluminación por problemas de cortocircuito, el conductor neutro se detectó voltaje elevado. En la tabla 5 se tabuló las mediciones de la situación inicial de aulas para la implementación del proyecto.

Tabla 5. Medidas iniciales en lux de escenario de implementación

Escenario	Medición en el día. (lux)	Medición en la noche. (lux)
Aula 1	240	0
Aula 2	256	0
Aula 3	280	0
Aula 4	245	0
Pasaje 1	N/N	0
Pasaje 2	N/N	0

3.1.2. Tablero principal

La ausencia del tablero principal, constatamos el mal estado de la instalación eléctrica, la dimensión de los conductores y breakers no poseen las respectivas normas de seguridad para la protección de conductores, además de los factores ambientales que está expuesta como agua y polvo hacen posible la generación de cortocircuitos.

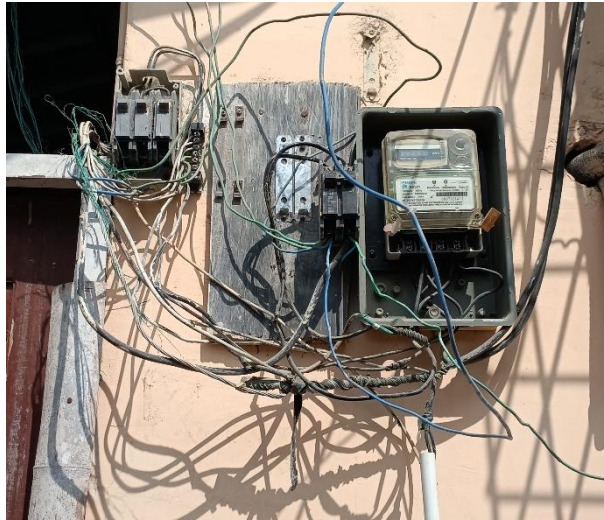


Figura 11. Breakers principales sobrepuesto

3.1.3. Subtableros

Los circuitos en el subtablero presentan problemas de cortocircuito, los conductores de neutro presentaban voltaje aun estando desconectados de la barra de neutro.



Figura 12. Subtablero de las 4 aulas

3.1.4. Iluminación de interiores

En la figura 15 se muestran 4 aulas donde se pudo evidenciar de la ausencia de luminarias además de obsoletas y empalmes que no están realizados correctamente, afectando directamente al factor humano en la utilización de las aulas por la noche.



Figura 13. Aulas 1 sin de iluminación.

3.1.5. Levantamiento de cargas del sistema eléctrico de la escuela.

En la tabla 6 se puede apreciar la medición de corriente en la entrada de los breakers principales.

Tabla 6. Levantamiento de información

Circuito	Carga	Voltaje	Imagen
Línea 1	0.96 A	118.9 V	
Línea 2	4.30 A	119.1 V	

1) Plano unifilar situación inicial.

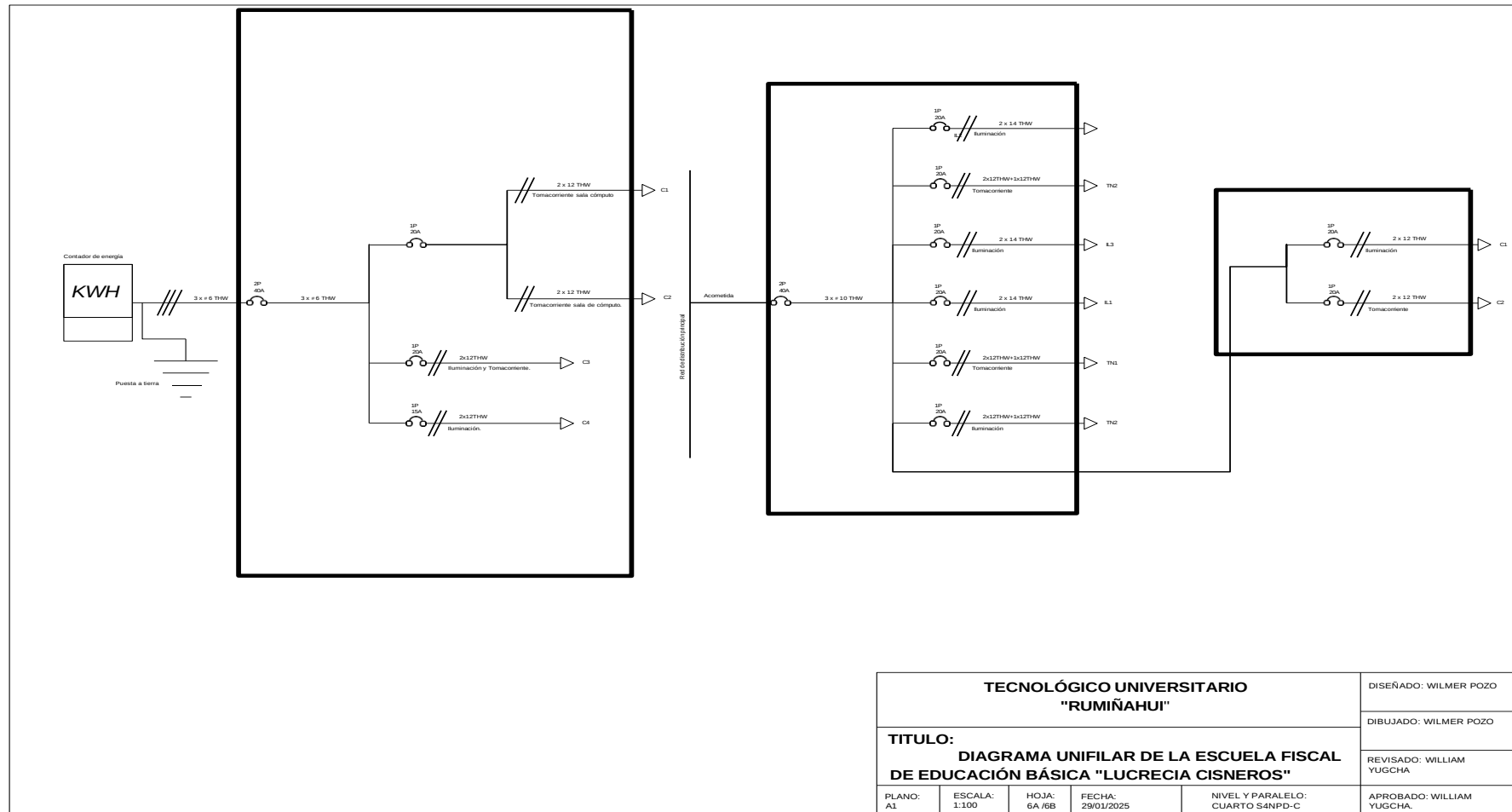


Figura 14. Plano unifilar situación inicial.

3.2. Diseño de iluminación propuesto para la escuela.

El proyecto integra todo el diseño del sistema eléctrico de la escuela “Lucrecia Cisneros” se compone de varios escenarios, en la cuales 4 aulas y en el pasaje 1 y 2 se realizó la implementación, para el respectivo cálculo de iluminación en el interior se tomó el método de lúmenes, para el empleo se deben tomar en cuenta los aspectos como altura de trabajo, colores de paredes y el piso de que material este compuesto.

A continuación, la realización con un ejemplo completo para el diseño de la iluminación para un escenario, los escenarios restantes sus cálculos estarán tabulados para disminuir el procedimiento.

1) Cálculo de iluminación del Aula 1.

$$k = \frac{A + B}{H(A + B)} \quad (10)$$

En que:

- Ancho del lugar "A"
- Largo del lugar "B"
- Altura de lugar "H"

2) Característica de aula del pabellón:

$A = 6$ metros

$B = 9$ metros

$H = 0.80 - 2.95 = 2.15$ m

0.80m = altura del plano de trabajo; 2.95m = altura total del aula; 2.15 = altura del plano de trabajo y el plano de trabajo de la luminaria.

3) Las paredes y el techo son de colores claros.

4) Determinamos la iluminación con las normas UNE 12464.1 y el área total del aula, la cantidad que se necesita es de 300lux, pasillos 100 Lux y escaleras 150 lux, según nos indica la siguiente tabla (UNE, 2002)

- 5) En la siguiente tabla 7, se señaló en recuadros los niveles de lux para los escenarios a calcular de nuestro proyecto.

Tabla 7. Edificios Educativos

Nº Ref.	Tipo de interior, tarea actividad	E _m lux	UGR _L	R _a	Observaciones
2.1	Aulas, aulas de tutoría	300	19	80	La iluminación debería ser controlable
2.2	Aulas para clases nocturnas y educación de adultos	500	19	80	La iluminación debería ser controlable
2.5	Cuartos de Baños de servicios	200	22	80	
2.9	Aulas de prácticas y laboratorio	500	19	80	
2.13	Aulas Prácticas de informática	300	19	80	
2.17	Área de circulación pasillos	100	25	80	
2.18	Escaleras	150	25	80	

Nota. Fuente (UNE, 2002).

- 6) Calculamos el área total en metros cuadrados del Aula 1.

$$S = A * B = 6 * 9 = 54m^2 \quad (11)$$

- 7) Índice del aula (k)

$$k = \frac{6 * 9}{2.15(6 + 9)}$$

$$k = 1.67 \quad (12)$$

- 8) Cálculo de coeficiente de reflexión

Para los cálculos debemos tomar los aspectos como tipo de material de techo y piso y color de paredes donde la luz se refleja, considerando que el techo es de color claro, las paredes tienen un color crema claro, estos datos nos permiten determinar la interacción de los colores en la iluminación. Tomamos los datos de la tabla 8 donde los valores escogidos se encuentran en recuadros.

Tabla 8. Tabla de coeficiente de reflexión

Color 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

Nota. Fuente (Estudiantil, 2024)

- Techo = blanco 70%
- Paredes = Crema claro 50%
- Piso = Crema claro 50%

9) Factor de Mantenimiento

El valor de factor de mantenimiento nos respaldamos de los datos que nos brinda la (CIE) comisión internacional de laminación tabla 9, en las aulas se considera que un área limpia, debido a la continua limpieza diaria.

Tabla 9. Factor de Mantenimiento.

Condiciones Ambientales	Factor de Mantenimiento (fm)
Limpio	0.8
Sucio	0.6

Nota. Fuente (Heras, 2014)

10) Tabla 10 de coeficiente factor de utilización

Los valores lo encontramos clasificados en tablas por cada fabricante, que se encargan de elaborar para cada modelo de luminaria, con los datos obtenidos de índice local “k” 1.67, escogemos un valor superior próximo en este caso 2, juntos con el valor del factor de reflexión de la pared que es 0.5, y techo 0.7, nos da un resultado de Factor de utilización de 0.64, con estos resultados se procede a hacer el cálculo del flujo luminoso del área y podemos determinar la cantidad de lúmenes que influye en la superficie de trabajo.

Tabla 10. Factor de utilización

Índice del local k	Factor de utilización (η)									
	Factor de reflexión del techo									
		0.7		0.5			0.3			
		Factor de reflexión paredes								
		0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1
1	0.52	0.48	0.45	0.51	0.47	0.45	0.48	0.44	0.41	
1.2	0.57	0.53	0.50	0.55	0.51	0.49	0.50	0.48	0.45	
1.5	0.61	0.57	0.54	0.58	0.55	0.52	0.53	0.51	0.48	
2	0.64	0.61	0.58	0.61	0.59	0.57	0.56	0.55	0.52	
2.5	0.67	0.64	0.62	0.64	0.61	0.60	0.59	0.57	0.54	

Fuente. (Heras, 2014)

11) Cálculo del flujo luminoso.

Realizamos el cálculo considerando los siguientes formula y datos:

E: 300 Lux nivel de iluminación según las normas UNE 12464.1

ΦT : Flujo luminoso total

S: 54 m² Superficie del Plano de trabajo

fm : 0.80 Factor de mantenimiento

η : 0.64 factor de utilización

$$\Phi T = \frac{E * S}{\eta * fm} \quad (13)$$

$$\Phi T = \frac{300 * 54}{0.8 * 0.64} = 31640 \text{ lúmenes} \quad (14)$$

12) Seleccionamos el tipo de luminaria a utilizar.

Luminaria tipo A: Para la realización de los cálculos de la cantidad de luminarias a utilizar, se escogió lámparas con tubos led con una potencia de 36W con flujo luminoso de 5400 lm.



Figura 16. Luminaria damp proof pfm led

DATOS FOTOMÉTRICOS

Flujo luminoso	5400 lm
Eficacia luminosa	150 lm/W
Temperatura de color	6500 K
Tono de luz (denominación)	Blanco frío
Índice de reproducción cromática Ra	> 80
Desviación estándar de ajuste de color	≤5 sdcn
Libre de flickering	Sí
Valor del Flickering Pst LM	Not Relevant
Valor del efecto del estroboscópico SVM	< 0.4
Ángulo de radiación	120 °

Figura 15. Ficha técnica de luminaria

13) Realizamos el cálculo de números de luminarias.

Con los cálculos de lúmenes que nos dio un valor de 45000 lm, realizamos lo siguiente:

N : Número de luminarias.

ΦT : Flujo luminoso Total.

ΦL : Flujo luminoso de luminaria.

$$N = \frac{\Phi T}{\Phi L} \quad (15)$$

$$N = \frac{31640}{5400} = 5.85 \approx 6 \text{ luminarias} \quad (16)$$

14) Obtenido la cantidad de luminarias a utilizar, calculamos la distancia que deben ser distribuida las luminarias con respecto al espacio del local.

$$N_{ancho} = \sqrt{N_{total} * \frac{ancho}{largo}} \quad (17)$$

$$N_{ancho} = \sqrt{6 * \frac{6}{9}} = 2 \quad (18)$$

Los cálculos nos especifican que debemos utilizar en lo ancho 2 filas para la colocación de las luminarias, y para la colocación de largo realizamos lo siguiente:

A= representa ancho en metros

B = representa largo en metros

$$N_{largo} = N_{ancho} * \frac{B}{A} \quad (19)$$

$$N_{largo} = 2 * \frac{9}{6} = 3 \quad (20)$$

Una vez obtenido los cálculos de números de luminarias tanto de fila y columnas, debemos determinar la distancia que deben tener entre luminarias en la tabla 11 se encuentra el valor seleccionado.

Tabla 11. Datos establecidos para la distribución de luminarias.

Tipo de luminarias	Altura del local	Distancia máxima entre luminarias
Intensivas	> 10 m	$e \leq 1.2 \text{ h}$
Extensiva	6 – 10 m	$e \leq 1.5 \text{ h}$
Semiextensiva	4 – 6 m	
Extensiva	$\leq 4 \text{ m}$	$e \leq 1.6 \text{ h}$

Fuente (Castilla Cabanes Nuria, 2011)

En la tabla 11 se resaltó la máxima separación que deben estar entre luminaria en nuestros datos tenemos que $h = 2.15$ y $e = 2.95$.

$$e \leq 1.6 h = 2.15 * 1.6 = 3.44 m \quad (21)$$

Por consiguiente, la distancia máxima entre luminarias es 3.04 metros, con este valor realizamos el cálculo de la distancia de la luminaria hacia la pared:

$$d \leq \frac{3.44 m}{2} = 1.72 m \quad (22)$$

15) Comprobación de resultados.

$$Em = \frac{NL * \Phi L * \eta * fm}{S} = \quad (23)$$

$$Em = \frac{6 * 5400 * 0.64 * 0.80}{54} = 307 \geq 300 Luxes \quad (24)$$

Em: Nivel medio de iluminación en (lx)

NL: Número de luminaria.

ΦL : Flujo luminoso de luminaria.

η : Factor de utilización.

fm: Factor de mantenimiento.

S: Superficie del área.

3.2.1. Comprobación mediante DIALux de los escenarios a implementar.

1) Simulación del aula 1 en dialux.

Una vez realizado los cálculos del aula de forma manual se procedió a hacer la comprobación mediante el programa DIALux, donde se realizó el diseño del aula con sus respectivos muebles, simulando lo más cercano a lo real, en el cual se utilizó 6 luminaria de 36w.



Figura 18. Ficha técnica de la luminaria

Los cálculos de iluminación en la simulación mediante DIALux tenemos un valor medio de 484 luxes, con lo cual nuestros resultados calculados manualmente 307 luxes están dentro del rango de 300 luxes que nos indica la norma UNE 12464.1.

En la figura 19 observamos las medias de cómo fueron distribuidas las luminarias, y luego se procedió con la simulación del cálculo luminoso donde se obtuvo una uniformidad de 1.43.

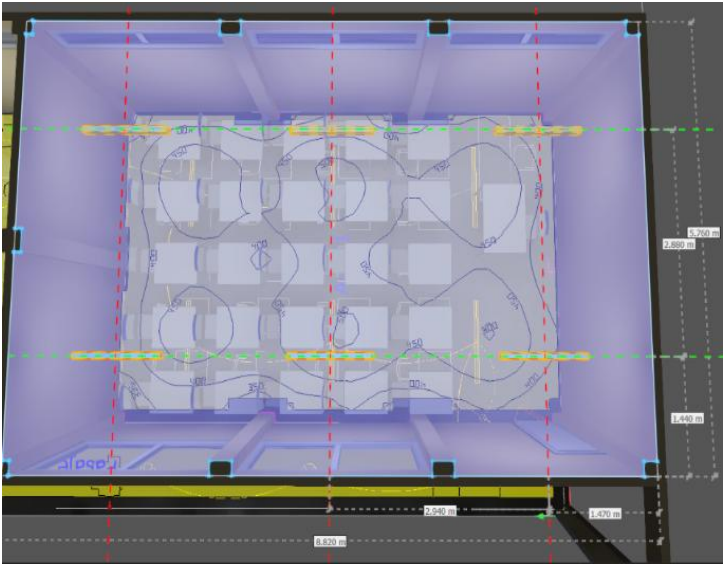


Figura 19. Resultado del cálculo del flujo luminoso del Aula 1

1.Datos de la simulación del aula 1.

Cálculo de iluminación		
Aula 1		
Plano útil (Aula 1)		
439 lx 1.43		
Plan...(Iluminancia perpendicular)		
	Real	Nominal
Media	439 lx	≥ 300 lx
Min	308 lx	-
Max	514 lx	-
Medio/mín	1.43	≤ 1.67
Máx/Mín	1.67	-

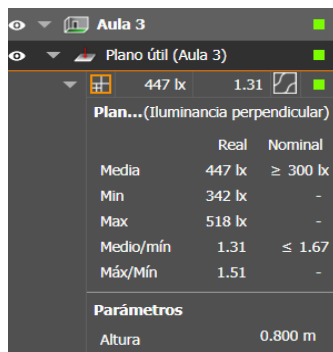
Figura 21. Resultado del Aula 1

2.Datos de la simulación del aula 2

Aula 2		
Plano útil (Aula 2)		
440 lx 1.42		
Plan...(Iluminancia perpendicular)		
	Real	Nominal
Media	440 lx	≥ 300 lx
Min	310 lx	-
Max	505 lx	-
Medio/mín	1.42	≤ 1.67
Máx/Mín	1.63	-
Parámetros		
Altura	0.800 m	

Figura 20. Resultado del cálculo del Aula 2

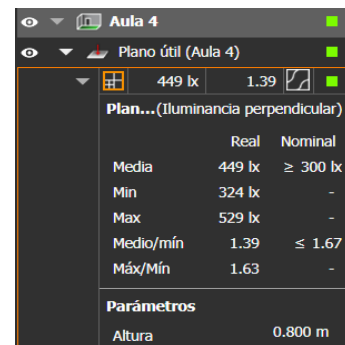
3.Datos de la simulación aula 3.



Aula 3		
Plano útil (Aula 3)		
	Real	Nominal
Media	447 lx	≥ 300 lx
Min	342 lx	-
Max	518 lx	-
Medio/mín	1.31	≤ 1.67
Máx/Mín	1.51	-
Parámetros		
Altura	0.800 m	

Figura 22. Resultados del Aula 3

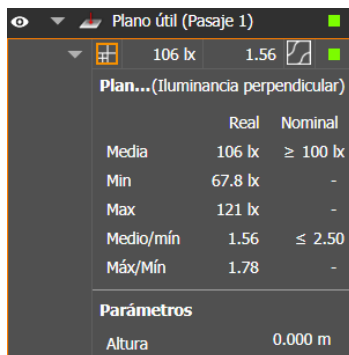
4.Datos de la simulación aula 4.



Aula 4		
Plano útil (Aula 4)		
	Real	Nominal
Media	449 lx	≥ 300 lx
Min	324 lx	-
Max	529 lx	-
Medio/mín	1.39	≤ 1.67
Máx/Mín	1.63	-
Parámetros		
Altura	0.800 m	

Figura 23. Resultados del Aula 4

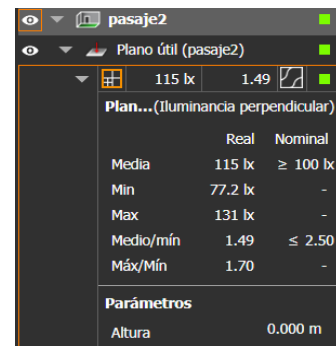
5.Datos de la simulación de pasaje 1.



Pasaje 1		
Plano útil (Pasaje 1)		
	Real	Nominal
Media	106 lx	≥ 100 lx
Min	67.8 lx	-
Max	121 lx	-
Medio/mín	1.56	≤ 2.50
Máx/Mín	1.78	-
Parámetros		
Altura	0.000 m	

Figura 24. Resultados del Pasaje 1.

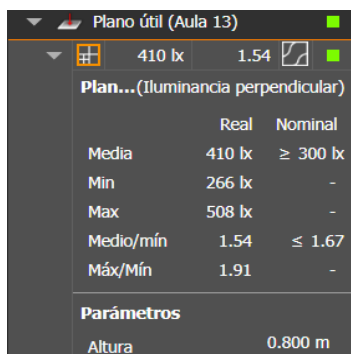
6.Datos de la simulación del pasaje 2



pasaje2		
Plano útil (pasaje2)		
	Real	Nominal
Media	115 lx	≥ 100 lx
Min	77.2 lx	-
Max	131 lx	-
Medio/mín	1.49	≤ 2.50
Máx/Mín	1.70	-
Parámetros		
Altura	0.000 m	

Figura 25. Resultado del Pasaje 2.

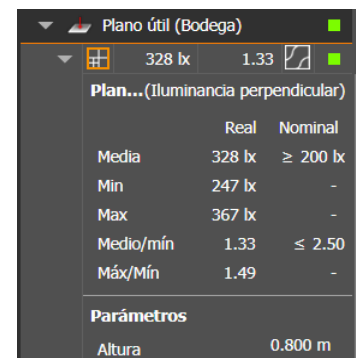
7.Datos simulación aula 13.



Aula 13		
Plano útil (Aula 13)		
	Real	Nominal
Media	410 lx	≥ 300 lx
Min	266 lx	-
Max	508 lx	-
Medio/mín	1.54	≤ 1.67
Máx/Mín	1.91	-
Parámetros		
Altura	0.800 m	

Figura 26. Resultados del aula 13

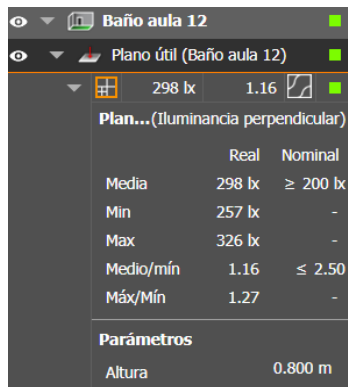
8.Datos simulación bodega.



Bodega		
Plano útil (Bodega)		
	Real	Nominal
Media	328 lx	≥ 200 lx
Min	247 lx	-
Max	367 lx	-
Medio/mín	1.33	≤ 2.50
Máx/Mín	1.49	-
Parámetros		
Altura	0.800 m	

Figura 27. Resultados de bodega.

9. Datos de simulación baño aula 12.



	Real	Nominal
Media	298 lx	≥ 200 lx
Min	257 lx	-
Max	326 lx	-
Medio/mín	1.16	≤ 2.50
Máx/Mín	1.27	-

Parámetros

Altura	0.800 m
--------	---------

Figura 28. Resultados de baño aula 12.

Con la simulación en DIALux comprobamos que los niveles calculados si cumplen con una iluminación optima que nos indica las normas UNE 12464.1 para los escenarios a implementar.

Luminaria tipo B: esta luminaria se escogió para utilizar en áreas de pasillos, baños y bodega.



Figura 29. Luminaria led Toledo

Fuente (sylvania, 2020)

3.2.2. Dimensionamiento del sistema de iluminación por escenario

Para los cálculos tenemos dos tipos de luminarias tipo A y B, tenemos la altura (d) representa al plano de luminarias, altura (h) representa plano de trabajo y altura (H) altura total desde el techo hasta el suelo, consideramos el nivel de luxes según el escenario basados en las normas UNE 12464.1, con la cual llegamos a obtener el flujo luminoso total y la cantidad de luminarias calculadas.

Tabla 12. Descripción de escenarios y niveles de iluminación

Escenario	A (m)	B (m)	Superficie (m ²)	Altura(m)	Altura(m)	Altura(m)	Nivel de iluminación lux	Tipo de luminaria	Potencia (W)	flujo luminoso luminarias (lum)	factor local (K)	Factor de utilización (η)	Factor de mantenimiento (fm)	Flujo luminoso total (lum)	N.º de lámparas calculadas	N.º Luminarias instaladas
Aula 1	9	6	54,00		0,8	3	300	A	36	5400	1,67	0,64	0.8	31641	6	6
Aula 2	9	6	54,00		0,8	3	300	A	36	5400	1,67	0,64	0.8	31641	6	6
Aula 3	9	6	54,00		0,8	3	300	A	36	5400	1,67	0,64	0.8	31641	6	6
Aula 4	9	6	54,00		0,8	3	300	A	36	5400	1,67	0,64	0.8	31641	6	6
Aula 5	9	6	54,00		0,8	3	300	A	36	5400	1,67	0,64	0.8	31641	6	
Aula 6	9	6	54,00		0,8	3	300	A	36	5400	1,67	0,64	0.8	31641	6	
Aula 7	8,9	5,88	52,33	0,4	0,8	3,2	300	A	36	5400	1,77	0,64	0.8	30663	6	
Aula 8	6,09	7,22	43,97	0,6	0,8	3,5	300	A	36	5400	1,56	0,64	0.8	25764	5	
Aula 9	6,06	7,22	43,75	0,6	0,8	3,5	300	A	36	5400	1,56	0,64	0.8	25637	5	
Aula 10	6,1	7,22	44,04	0,6	0,8	3,5	300	A	36	5400	1,57	0,64	0.8	25806	5	
Aula 11	5,25	7,22	37,91	0,6	0,8	3,5	300	A	36	5400	1,435	0,61	0.8	24938	4	
Aula 12	8,85	5,88	52,04	0,4	0,8	3,2	300	A	36	5400	1,76	0,64	0.8	30491	6	
Aula 13	17,9	5,88	105,25	0,4	0,8	3,2	300	A	36	5400	2,21	0,67	0.8	58910	11	
Pasaje 1	19	1,5	28,55	0,25		3	100	B	20	1680	0,51	0,38	0.8	9390	6	6
Pasaje 2	19	1,5	28,55	0,25		3	100	B	20	1680	0,51	0,38	0.8	9390	6	6
Baño aula 9	1,8	0,8	1,44			2,4	200	B	20	1680	0,23	0,38	0.8	947,4	1	
Baño aula 10	1,6	0,8	1,28			2,4	200	B	20	1680	0,22	0,38	0.8	842,1	1	
Baño aula 12	1,8	0,8	1,44			2,4	200	B	20	1680	0,23	0,38	0.8	947,4	1	
Baños	1,44	1,44	2,07			3	200	B	20	1680	0,24	0,38	0.8	1364	1	
Sala de computo	8,89	5,88	52,27		0,8	3	300	A	36	5400	1,64	0,64	0.8	30629	6	
Escaleras	4,17	1,38	5,75			3	150	B	20	1680	0,59	0,38	0.8	2839	2	
Bodega	5,76	2,76	15,90	0,25		3	200	B	20	1680	0,86	0,52	0.8	7643	5	
Pasaje 3	17,7	1,4	24,78	0,25		2,8	100	B	20	1680	0,54	0,38	0.8	8151	5	
Pasaje 4	24,1	2,5	60,25	0,25		2,6	100	B	20	1680	1	0,52	0.8	14483	9	
Pasaje 5	27,1	1,5	40,67	0,25		2,8	100	B	20	1680	0,55	0,38	0.8	13377	8	
Pasaje 6	18,1	1,4	25,4	0,25		2,8	100	B	20	1680	0,54	0,38	0.8	8354	5	
Pasaje 7	21	1,4	29,4	0,25		2,8	100	B	20	1680	0,59	0,38	0.8	9671	6	
Pasaje 8	21	1,14	23,94	0,25		2,8	100	B	20	1680	0,4	0,38	0.8	7875	5	
Rectorado	5,88	2,82	16,58	0,4	0,8	3,2	300	A	36	5400	1	0,52	0.8	11958	2	

3.2.3. Comprobación de luxes de cada escenario.

Realizamos la comprobación por escenario si los niveles de luxes que nos indica la normativa UNE 12464.1, cumple con los niveles de luxes para cada escenario, en la tabla 13 en los resultados de numero de lámparas calculadas los escenarios solo para Aulas y Bodega

que dieron números impares en luminarias reemplazamos aumentamos 1 luminarias ya que debemos cumplir con una distribución simétrica para el escenario.

En la columna de comprobación de iluminación (lux), observamos que si cumple con los niveles requeridos del lux por la norma UNE 12464.1.

Tabla 13. Comprobación de los niveles en lux

Escenario	N.º Luminaria	Flujo luminoso (lum)	Factor de utilización (η)	Factor de mantenimiento (fm)	Superficie (m ²)	Nivel de iluminación (lux)	Comprobación de iluminación (lux)
Aula 1	6	5400	0,64	0.8	54,00	300	307.2
Aula 2	6	5400	0,64	0.8	54,00	300	307.2
Aula 3	6	5400	0,64	0.8	54,00	300	307.2
Aula 4	6	5400	0,64	0.8	54,00	300	307.2
Aula 5	6	5400	0,64	0.8	54,00	300	307.2
Aula 6	6	5400	0,64	0.8	54,00	300	307.2
Aula 7	6	5400	0,64	0.8	52,33	300	317
Aula 8	6	5400	0,64	0.8	43,97	300	377.27
Aula 9	6	5400	0,64	0.8	43,75	300	379.17
Aula 10	6	5400	0,64	0.8	44.04	300	376.67
Aula 11	6	5400	0,57	0.8	37,91	300	389.72
Aula 12	6	5400	0,64	0.8	52,04	300	318.77
Aula 13	12	5400	0,67	0.8	105,25	300	330
Pasaje 1 y 2	6	1680	0,38	0.8	28,55	100	196.77
Baño aula 9	1	1680	0,38	0.8	1,44	200	354
Baño aula 10	1	1680	0,38	0.8	1,28	200	399
Baño aula 12	1	1680	0,38	0.8	1,44	200	399
Baños	1	1680	0,38	0.8	2,07	200	246
Sala de computo	6	5400	0,64	0.8	52,27	300	317.36
Escaleras	2	1680	0,38	0.8	5.75	150	177.64
Bodega	6	1680	0,52	0.8	15,90	200	263.72
Pasaje 3	5	1680	0,38	0.8	26,55	100	103.05
Pasaje 4	9	1680	0,52	0.8	60,25	100	104.39
Pasaje 5	8	1680	0,38	0.8	40,67	100	100.46
Pasaje 6	6	1680	0,38	0.8	25.40	100	100.53
Pasaje 7	6	1680	0,38	0.8	29.40	100	104.22
Pasaje 8	5	1680	0,38	0.8	23,94	100	106.66
Rectorado	2	5400	0,52	0.8	16,58	300	333.51

3.2.4. Distribución de circuito de iluminación.

Una vez realizado la distribución de cada circuito procedemos a calcular la carga total, además del factor de demanda que nos indica la tabla N. ° 5 de la (NEC, 2018).

Estos resultados nos permitirán el cálculo para la elección de protectores térmicos de cada circuito.

Tabla 14. Resumen de cargas para cada circuito

Tablero	Circuito	Escenario	Tipo de Luminaria	N.º Luminaria	Carga unitaria(W)	Carga total (W)	F. D (0.7)
TS2	IL1	Aula 2 Pasaje1	A	6	36	276	193.2W
			B	3	20		
TS2	IL2	Aula 1 Pasaje 1	A	6	36	276	193.2W
			B	3	20		
TS4	IL1	Aula 3 Pasaje 2 Escaleras	A	6	36	316	221.2W
			B	3	20		
			B	2	20		
TS4	IL2	Aula 4 Pasaje 2	A	6	36	276	193.2W
			B	3	20		
TS5	IL1	Aula 5 Pasaje 3	A	6	36	216	193.2W
			B	3	20		
TS5	IL2	Aula 6 Pasaje 3	A	6	36	216	151.2W
			B	3	20		
TS3	IL1	Aula 8 Pasaje 4	A	6	36	296	207.2W
			B	4	20		
TS3	IL2	Aula 9 Pasaje 4 Baño aula 9	A	6	36	336	235.2W
			B	5	20		
			B	1	20		
TS3	IL3	Aula 10 Aula 11 Baño aula 10	A	6	36	380	266W
			A	4	36		
			B	1	20		
TS1	IL1	Aula 13 Pasaje 6	A	6	36	336	235.2W
			B	6	20		
TS1	IL2	Aula 13 Pasaje 5	A	6	36	376	263.2W
			B	8	20		
TS1	IL3	Aula 12 Bodega Baño aula 12	A	6	36	356	249.2W
			B	6	20		
			B	1	20		
TDP	IL1	Aula 7 Baños	A	6	36	296	207.2W
			B	4	20		
TDP	IL2	Rectorado Pasaje8	A	2	36	316	221.2W
			B	5	20		
TDP	IL3	Sala de computo Pasaje 7	A	6	36	336	235.2W
			B	6	20w		

3.2.5. Cálculo de conductor para los circuitos de Iluminación.

Para determinar el calibre del conductor que vamos a colocar y la protección a la que vamos a dimensionar para alimentar el circuito, alumbrado y fuerza, es muy importante que sepamos y detallemos el tipo de carga que tendremos para cada uno de ellos. Para esto emplearemos las fórmulas de cálculo de corriente y nos respaldaremos en las tablas de registro de conductores y admisibilidad en las condiciones en las cuales lo ejecutaremos.

$$S = \rho \frac{2 * L * I * \cos\varphi}{u} \quad (25)$$

S: Sección transversal del conductor.

ρ : Resistividad del material conductor.

2: Constante

L: Longitud del conductor.

I: Corriente (A).

$\cos\varphi$: Factor de potencia.

u : Caída de tensión.

Tomaremos los datos del circuito de iluminación TS1-IL2 como base preliminar para el respectivo cálculo, consta con una carga total incluido el cálculo de factor de demanda es de 263.2W con 6 luminarias de 36W y 8 de 20W con una longitud de 55 metros, las normas NEC, 2018 en el artículo 4 literal “a” nos indica que debemos dimensionar cada circuito, para que soporte una corriente de carga máxima de 125% (NEC, 2018).

Primero calculamos la corriente.

$$I = \frac{P}{V} = \frac{263.2 \text{ W}}{120 \text{ V}} = 2.19 \text{ A} \quad (26)$$

$$I * 1.25 = 2.19 * 1.25 = 2.74 \text{ A} \quad (27)$$

Realizamos el siguiente cálculo de la caída de tensión, el cual se considera que no debe exceder un porcentaje del 3% de nuestro voltaje nominal del circuito que es 120V, según las recomendaciones de la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC).

La EERSSA obliga a sus usuarios que registre un factor de potencia al mes mayor o igual a 0.92. (EERSSA, 2012).

$$u = 3\%(120V) = 3.6V \quad (28)$$

Con los datos obtenidos procedemos a calcular la sección transversal del conductor

$$S = 0.01786 \frac{2 * 55 * 2.74 * 0.92}{3.6} = 1.38 \text{ mm}^2 \quad (29)$$

En la siguiente figura 30 comparamos nuestro cálculo de la sección transversal TS4-IL2 con un valor de 1.57 mm² el cual el más cercano es 2.5mm² que nos indica que debemos utilizar un calibre de 14 AWG, en el artículo 5.2 de las normas NEC, 2018 nos indica que el calibre del conductor neutro debe ser del mismo diámetro que la fase, además que en

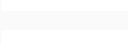
FOTO	CALIBRE / AWG	SECCIÓN EN MM2	CONSUMO DE CORRIENTE	EJEMPLOS
	4	25mm2	Muy alto	Aires acondicionados centrales, equipos industriales (se requiere instalación especial de 240 volts).
	6	16mm2	Alto	Aires acondicionados, estufas eléctricas y acometidas de energía eléctrica.
	8	10mm2	Medio - alto	Secadoras de ropa, refrigeradores, aires acondicionados de ventana.
	10	6mm2	Medio	Hornos de microondas, licuadoras, contactos de casas y oficinas, extensiones de uso rudo.
	12	4mm2	Medio - bajo	Cableado de iluminación, contactos de casas, extensiones reforzadas.
	14	2.5mm2	Bajo	Extensiones de bajo consumo, lámparas.
	16	1.5mm2	Muy bajo	Productos electrónicos como termostatos, timbres o sistemas de seguridad.

Figura 30. Medidas de cables eléctricos

circuitos de iluminación tanto para fase y neutro deben tener una sección transversal mínima de 2.5mm² o (14 AWG) de tipo THHN de cobre aislado.

3.2.6. Dimensionamiento de conductores y protección de iluminación.

Determinamos el calibre y protecciones en la tabla 15, considerando la carga y la longitud de cada circuito de nuestro proyecto por su bajo consumo de corriente, la protección es de 15A – 16A es lo que nos muestra la NEC en el artículo 5.1, para la protección del conductor 14(AWG), (NEC, 2018)

Tabla 15. Cálculo de protección y calibre de conductor

Tablero	Circuito	Carga Total (W)	Intensidad por carga (A)	Incremento (%)	Intensidad total (A)	Protección (A)	Distancia (m)	Sección transversal (mm ²)	Calibre (AWG)
TS2	IL1	193.2	1.61	1.25	2.01	15	45	0.83	14
TS2	IL2	193.2	1.61	1.25	2.01	15	45	0.83	14
TS4	IL1	221.2	1.84	1.25	2.30	15	50	1.05	14
TS4	IL2	193.2	1.61	1.25	2.01	15	50	0.92	14
TS5	IL1	193.2	1.61	1.25	2.01	15	45	0.83	14
TS5	IL2	151.2	1.26	1.25	1.58	15	50	0.72	14
TS3	IL1	207.2	1.73	1.25	2.16	15	40	0.79	14
TS3	IL2	235.2	1.96	1.25	2.45	15	52	1.16	14
TS3	IL3	266	2.22	1.25	2.77	15	55	1.39	14
TS1	IL1	235.2	1.93	1.25	2.45	15	50	1.12	14
TS1	IL2	263.2	2.19	1.25	2.74	15	55	1.38	14
TS1	IL3	249.2	2.08	1.25	2.60	15	45	1.07	14
TDP	IL1	207.2	1.73	1.25	2.16	15	50	0.99	14
TDP	IL2	221.2	1.84	1.25	2.30	15	45	0.95	14
TDP	IL3	235.2	1.96	1.25	2.45	15	55	1.23	14
TOTAL		3264.8							

3.2.7. Determinación de tuberías eléctricas no metálicas.

El CPE INEN 019: Código eléctrico nacional – INDICE del 2001, a través de la tabla 16 trazamos en recuadros donde nos indica el número máximo de conductores que deben atravesar por la tubería eléctrica no metálica – tipo ENT, según la tabla 1, capítulo 9. ((INEN), 2001).

El tamaño en pulgadas que requerimos es de ½ pulgada que permite a travesar hasta 10 conductores, para los circuitos de iluminación que en los resultados nos indica que debemos utilizar un calibre de 14 AWG.

Tabla 16. Número de conductores por tamaño de tuberías

Letras de tipo	Sección transversal del conductor		Tamaño comercial en pulgadas					
	mm ²	AWG/ kcmil	16 1/2	21 3/4	27 1	35 1½	41 1/2	53 2
THHN, THWN, THWN-2	2.08	14	10	18	32	58	80	132
	3.31	12	7	13	23	42	58	96
	5.25	10	4	8	15	26	36	60
	8.36	8	2	5	11	15	21	35
	13.29	6	1	3	7	11	15	25

Nota. Fuente ((INEN), 2001)

3.2.8. Diseño del sistema de iluminación.

En la figura 31 se observa el nuevo diseño de todo el sistema de iluminación de la Escuela Fiscal de Educación Básica “Lucrecia Cisneros”

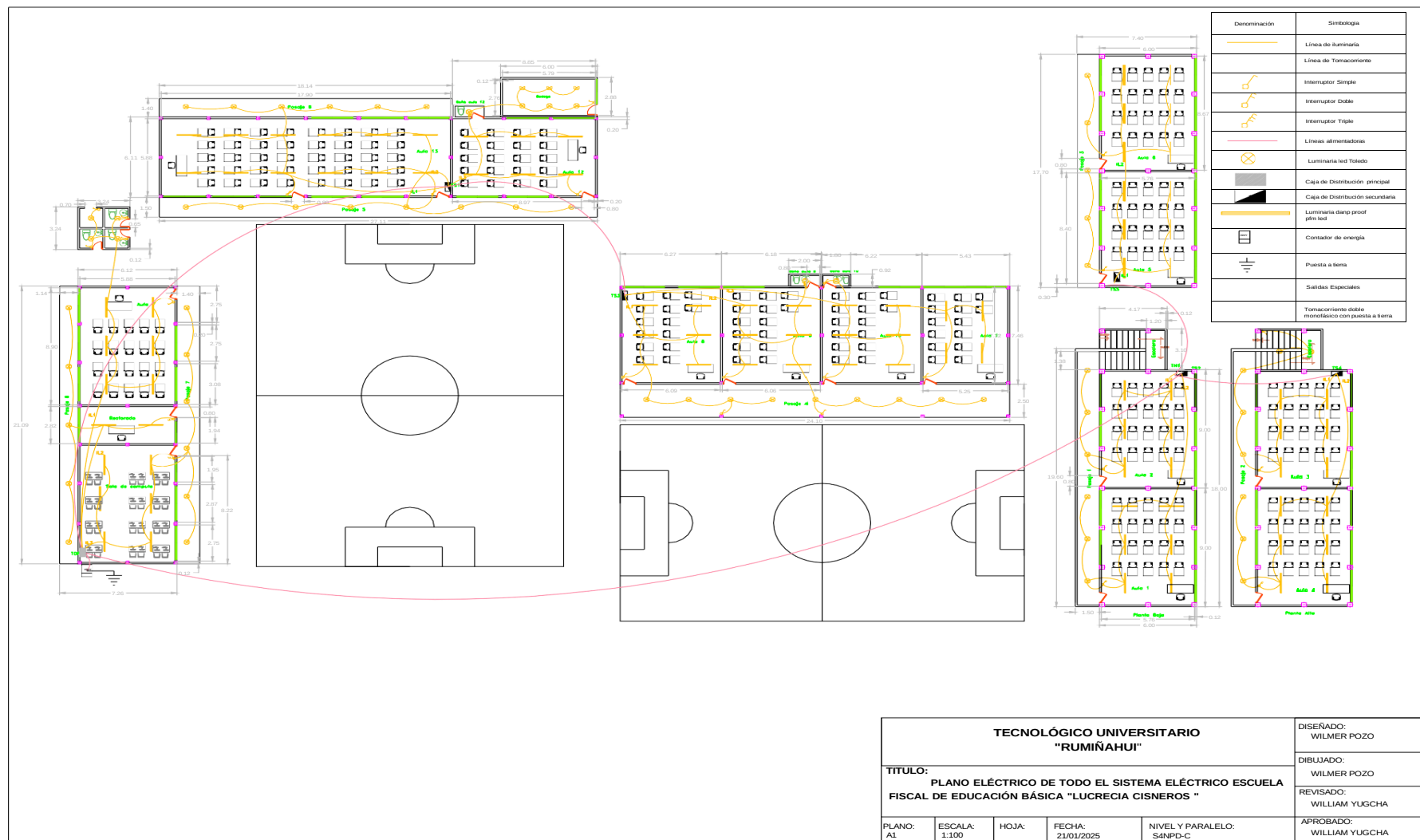


Figura 31. Imagen de todo el sistema eléctrico de iluminación.

3.2.9. Plano del circuito de iluminación a implementar.

En la figura 32 se presenta el diseño de iluminación a implementar que son las siguientes: Aula 1,2,3,4 y Pasaje 1 y 2.

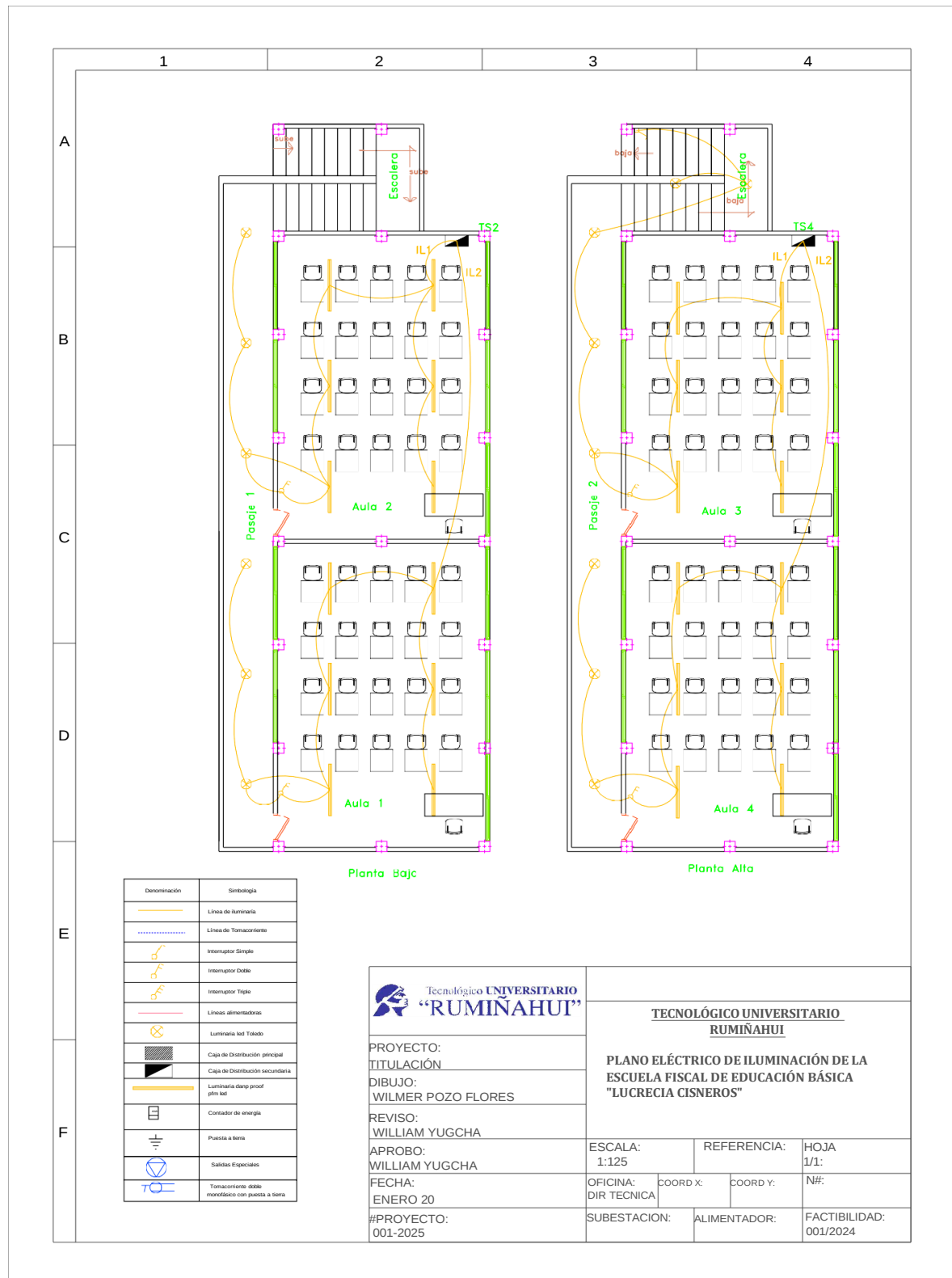


Figura 32. Imagen de diseño eléctrico de iluminación a implementar.

3.2.10. Diseño de circuitos de tomacorrientes.

Para el diseño se debe tomar en cuenta lo que nos indica las normas NEC en el artículo 4.2, que cada circuito no debe tener superar 10 salidas además que debe tolerar una capacidad de 20 amperios y las salidas deben tener fase, neutro y tierra. Para la altura la NEC nos indica que debe instalarse los tomacorrientes de uso general desde el piso terminado a 0.40 metros de alto. (NEC, 2018)

La distribución entre cada tomacorriente para establecimientos educativos para las aulas se instaló cada 5 metros lineales de pared, es lo que nos sugiere la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A. (EEASA) en la sección 4.4. (EEASA, 2021)

Para realizar la distribución tomaremos los datos de las dimensiones del Aula 1 y determinamos cuantos tomacorrientes necesita el escenario.

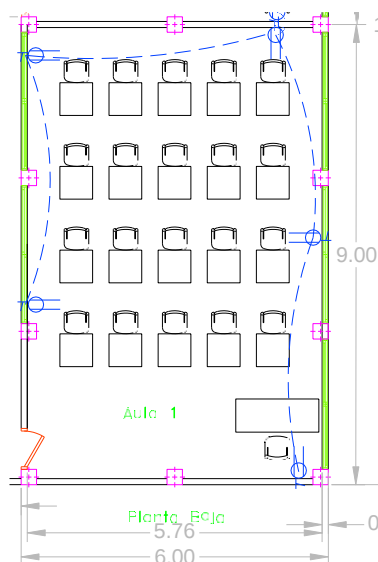


Figura 33. Dimensiones del Aula 1 y distribución de tomacorrientes

3.2.11. Cálculo del circuito de tomacorriente.

Una vez distribuido cada tomacorriente para cada escenario y posteriormente en circuitos, realizamos el cálculo del para determinar la carga total de cada circuito de toma corriente, tomamos los datos como ejemplo del circuito TS5-TN1 para posteriormente tabular todos los circuitos de cada escenario.

Como sugerencia que nos brinda la NEC por cada salida de tomacorriente consideramos una carga de 200W.y para cargas especiales 2.500W este valor nos permitirá calcular la carga para el circuito de aire acondicionado. (NEC, 2018)

- 1) Datos del circuito TS5-TN1, tenemos 10 salidas de tomacorrientes calculamos la carga:

$$10 * 200 \text{ W} = 200 \text{ W} \quad (30)$$

- 2) En la sección 3.4 factor de demanda en la tabla N.º 2 nos indica la demanda que debemos considerar para el cálculo de tomacorriente en la tabla se encuentra resaltado el valor para el cálculo. (NEC, 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

Figura 34. Imagen de tabla N.º 2 de factor de demanda

Fuente. (NEC, 2018)

$$2000 \text{ W} * 0.5 = 1000 \text{ W} \quad (31)$$

- 3) Calculamos la corriente, luego debemos considerar un porcentaje de 125% de dimensionamiento (NEC, 2018).

$$I = \frac{P}{V} = \frac{1000 \text{ W}}{120 \text{ V}} = 8.3 \text{ A} \quad (32)$$

$$I * 1.25 = 8.3 * 1.25 = 10.42 \text{ A} \quad (33)$$

I: Corriente.

P: Potencia (W).

V: Voltaje nominal.

- 4) Cálculo de caída de voltaje en el conductor la norma NEC nos sugiere que no debe superar el 3% para alimentadores y ramales (NEC, 2018).
- 5) La EERSSA obliga a sus usuarios que registre un factor de potencia al mes mayor o igual a 0.92. (EERSSA, 2012).

$$\Delta u = \frac{2 * p * L * I * \cos \phi}{S}$$

$$\Delta u = \frac{2 * 0.01786 * 40 * 10.4 * 0.92}{4} \quad (34)$$

$$\Delta u = 3.42$$

Δu : Caída de voltaje.

2: Constante.

p : Resistividad del material conductor.

L : Longitud del conductor.

$\cos\Phi$: Factor de potencia de la carga.

S: Sección transversal del conductor.

6) Cálculo del porcentaje de caída de voltaje.

$$\begin{aligned}\% \Delta u &= \frac{V_c}{V_n} * 100 \\ \% \Delta u &= \frac{3.42}{120} = 2.85\end{aligned}\quad (35)$$

$\% \Delta$: Porcentaje de caída de voltaje.

V_c : Caída de voltaje en conductor.

V_n : Voltaje nominal.

El valor obtenido de 2.85% si cumple con lo que la norma nos indica que debe estar por debajo del 3%.

7) Cálculos para determinar la sección del conductor.

La EERSSA obliga a sus usuarios que registre un factor de potencia al mes mayor o igual a 0.92. (EERSSA, 2012).

$$\begin{aligned}S &= p \frac{2 * L * I * \cos\Phi}{U * \Delta u} \\ S &= 0.01786 \frac{2 * 40 * 10.42 * 0.92}{120 * 0.03} \\ S &= 3.8 \text{ mm}^2\end{aligned}\quad (36)$$

S: Sección del conductor (mm^2)

ρ : Resistividad del material del conductor.

L: Longitud del cable (m) (ida y vuelta)

I: Corriente del circuito (A)

$\cos\Phi$: Factor de potencia de la carga

U: Voltaje nominal.

Δu : caída de voltaje 3%.

Con los resultados obtenidos seleccionamos el conductor y el calibre más cercano es el de 4mm^2 (12 AWG), esto debe ser tanto para la fase y el neutro, además la NEC nos indica que para determinar el conductor de tierra nos respaldemos de la figura 35, este conductor debe ser un calibre menor a las fases tanto para tomacorrientes como para cargas especiales para nuestro circuito utilizamos un calibre de 2.5mm^2 (14 AWG). Para cargas especiales el factor de demanda para 2 o más cargas consideramos un valor de 0.8, y la elección del

conductor para el circuito debe tener una sección transversal no menos de 5.26mm² (10 AWG) para cada fase. (NEC, 2018).

Capacidad o ajuste del dispositivo automático de protección contra sobrecorriente en el circuito antes de los equipos, canalizaciones, etc. Sin exceder de:	Tamaño nominal mm ² (AWG o kcmil)	
	Conductor de cobre	Conductor de aluminio
(A)		
15	2.08 (14)	---
20	3.31 (12)	---
30	5.26 (10)	---
40	5.26 (10)	---
60	5.26 (10)	---
100	8.37 (8)	13.3 (6)
200	13.3 (6)	21.2 (4)
300	21.2 (4)	33.6 (2)
400	33.6 (2)	42.4 (1)

Figura 35. Imagen de tabla N.º 6 conductores de tierra.
Fuente: (NEC, 2018)

Para la selección de la protección nos respaldamos de la sección 5.1 capacidad de corriente que debe soportar el calibre del conductor debe ser de al menos 125%, en figura 36, resaltamos en un recuadro el calibre del conductor elegido para los toma corrientes y la capacidad del amperaje para la protección del conductor el cual sería para nuestros circuitos de 20 amperios y para nuestros circuitos especiales 30 amperio.

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

Figura 36. Imagen de la tabla N.º 5 protección calibre del conductor.
Fuente. (NEC, 2018)

3.2.12. Tabulación del cálculo de circuito de fuerza.

Una vez que se realizó el cálculo de ejemplo procedemos en la tabulación de todos los circuitos de fuerza donde consta toda la información necesaria para la elección del calibre de conductor y sus respectivas protecciones.

Tabla 17. Cálculo del circuito de fuerza de cada escenario.

TABLERO	Circ. No.	Escenarios	Cantidad de tomacorrientes	Potencia unitaria	Potencia (W)	F.D. (W)	Voltaje (V)	Intensidad (A)	Intensidad Nominal (125%)	Longitud (M)	Caída de tensión 3%	Alimentador	Protección	Sección del conductor (mm ²)	Caída de voltaje en el conductor (v)
TS2	TN1	Aula 1	10	200	2.000	1.000	120	8,33	10,42	40	2,85	2x12THW+1x14THW	1P-20A	3.8	3,42
		Aula 2													
TS4	TN1	Aula 3	10	200	2.000	1.000	120	8,33	10,42	40	2,85	2x12THW+1x14THW	1P-20A	3.8	3,42
		Aula 4													
TS5	TN1	Aula 5	10	200	2.000	1.000	120	8,33	10,42	40	2,85	2x12THW+1x14THW	1P-20A	3.8	3,42
		Aula 6													
TS3	TN1	Aula 8	8	200	1.600	800	120	6,67	8,33	45	2,57	2x12THW+1x14THW	1P-20A	3.42	3,08
		Aula 9													
	TN2	Aula 10	8	200	1.600	800	120	6,67	8,33	45	2,57	2x12THW+1x14THW	1P-20A	3.42	3,08
		Aula 11													
TS1	TN1	Aula 13	8	200	1.600	800	120	6,67	8,33	43	3,33	2x12THW+1x14THW	1P-20A	3.27	2,94
	TN2	Aula 12	4	200	800	400	120	3,33	4,17	30	0,86	2x12THW+1x14THW	1P-20A	1.14	1,03
	TN3	Bodega. Aire acondicionado.	1	2500	2.500	2.000	220	9,09	11,36	10	0,32	2x10THW+1x12THW	2P-20A	0.57	0,71
	TN1	Sala de computo	10	200	2.000	1.000	120	8,33	10.42	30	2,14	2x12THW+1x14THW	1P-20A	2.85	2,57
	TN2	Sala de computo	7	200	1.400	700	120	5,83	7.29	20	1,00	2x12THW+1x14THW	1P-20A	1.33	1,20
TD P	TN3	Rectora do	9	200	1.800	900	120	7,50	9,38	38	2,44	2x12THW+1x14THW	1P-10A	3.25	2,93
		Aula 7													
	TN4	Aire acondicionado	1	2500	2.500	2.000	220	9,09	11,36	12	0,51	2x10THW+1x12THW	1P-20A	0.68	1,12
TOTAL						12400									

3.2.13. Determinación de tubería Conduit.

La selección de la tubería Conduit para atravesar los conductores de nuestros circuitos, la realizamos calculando el porcentaje del espacio necesario, que ocuparan los conductores el cual no debe superar el 40% de diámetro interior de la tubería.

Tabla 18. Dimensiones de conductores

Tipo	Tamaño	Nominal	Diámetro	Área aprox.
	mm ²	AWG	aprox. mm ²	mm ²
TW	2.082	14	3.38	8.97
THHW, THHW-LS	3.307	12	3.86	11.7
THW, THW-LS	5.6	10	4.47	15.7
THW-2	8.367	8	5.99	28.2

Fuente: (NOM-001-SEDE-2012, 2012)

En el circuito TS5-TN1, utilizaremos 2x12THW+1x14THW, donde tomaremos en cuenta el área transversal de 11.7mm² para el conductor 12(AWG), y 8.97mm² para el conductor 14(AWG), realizamos el siguiente calculo:

$$2*11.7+8.97 = 32.37mm^2 \quad (37)$$

Con la siguiente tabla tomaremos los datos de la tubería ½ pulgada con un área transversal de 196 mm², para realizar el cálculo final del porcentaje de ocupación.

Tabla 19. Dimensiones para conductores del área del tubo Conduit.

Designación métrica	Tamaño comercial	Diámetro interno	100% del área total	60% del área total	Un conductor fr = 53%	Dos conductores fr = 31%	Más de 2 conductores fr = 40%
		mm	mm ²	mm ²	mm ²	mm ²	mm ²
16	½	15.8	196	118	104	61	78
21	¾	20.9	343	206	182	106	137
27	1	26.6	556	333	295	172	222
35	1 ¼	35.1	968	581	513	300	387
41	1 ½	40.9	1314	788	696	407	526

Fuente: (NOM-001-SEDE-2012, 2012)

$$POC = \frac{32.37}{196} = 16.51\% \quad (38)$$

POC: Porcentaje de Ocupación del Conduit.

Con el porcentaje obtenido de 16.5% podemos determinar que la tubería ½ cumple con las normas de ocupación de no exceder el 40% del diámetro interno de la tubería.

3.2.14. Plano del circuito de tomacorriente e iluminación.

En la siguiente imagen se muestra todo el circuito de tomacorriente e iluminación a implementar en el Aula 1,2,3,4 y Pasaje 1 y 2 de la Escuela Fiscal de Educación Básica “Lucrecia Cisneros”.

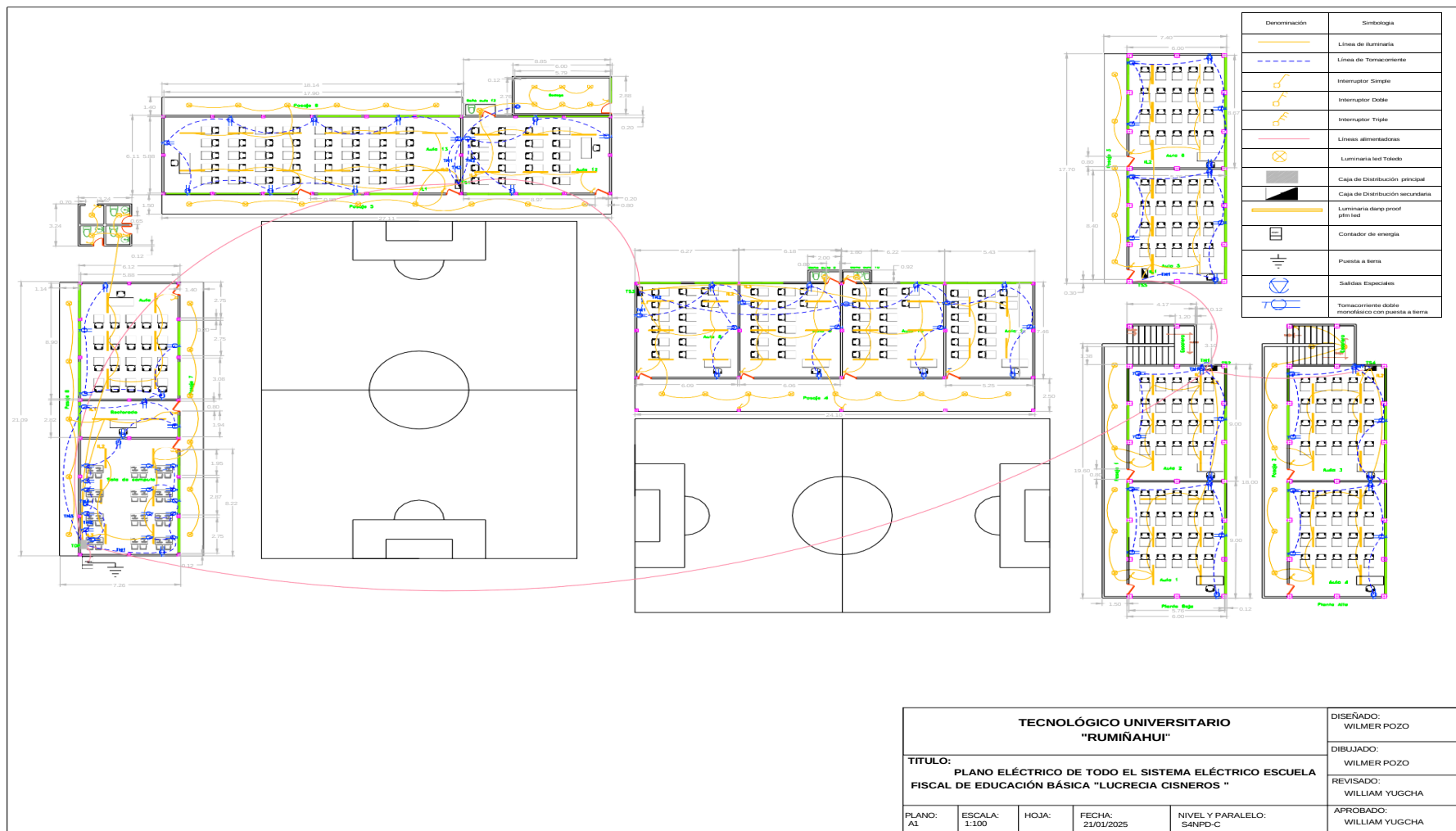


Figura 37. Plano del sistema eléctrico general.

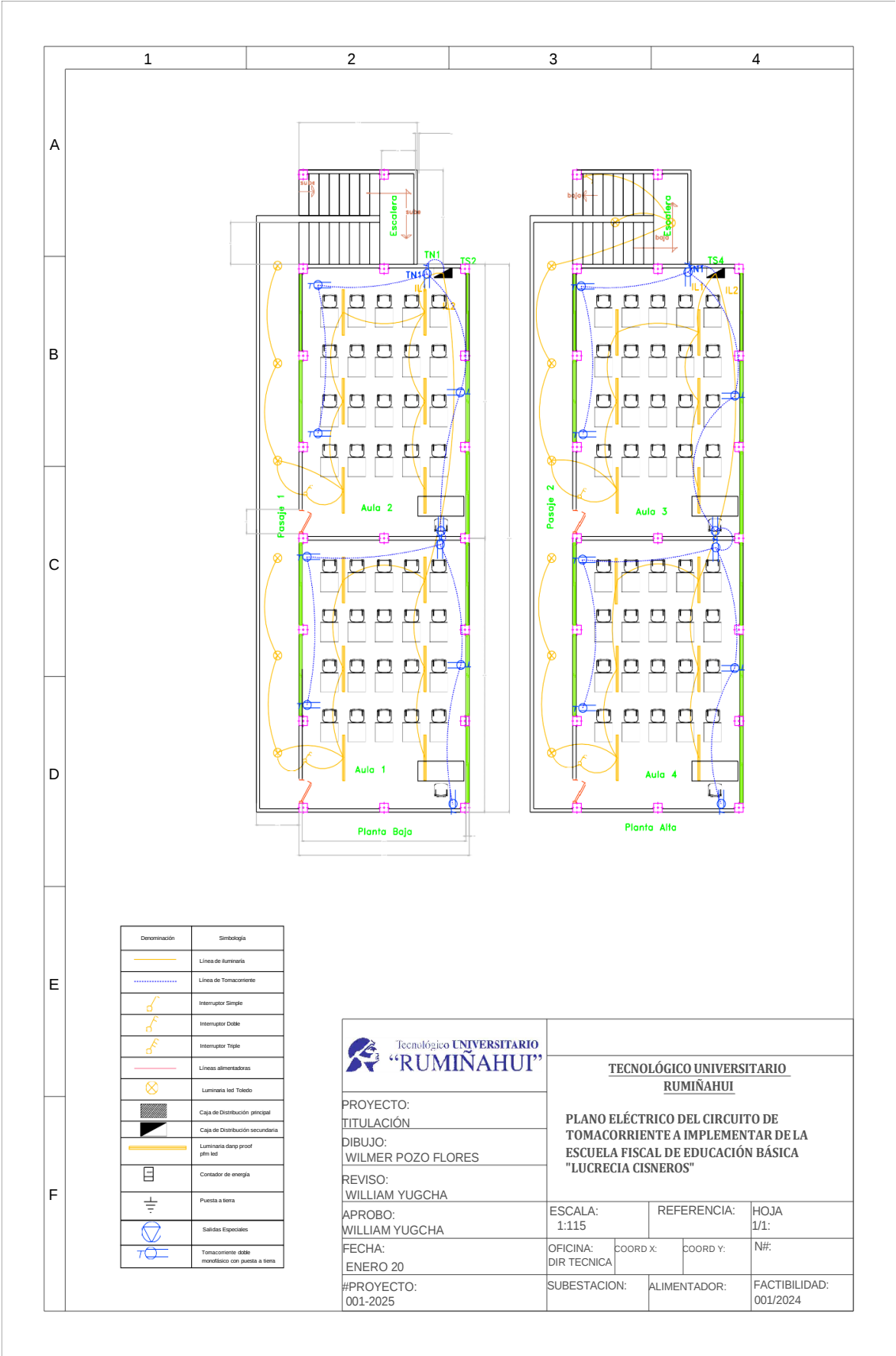


Figura 38. Imagen del plano del sistema eléctrico a implementar.

3.2.15. Cálculo de alimentadores de tableros principales y secundarios.

Para la selección de nuestros conductores alimentadores de tableros principales y secundarios nos basamos a lo que nos indica la NEC, artículo 5.4, para la alimentación que va desde el medidor al tablero principal el calibre mínimo del conductor tiene que ser de No. (6AWG), y para los tableros secundarios el calibre para el conductor alimentador va a depender de la demanda de carga de cada subtableros. (NEC, 2018). La EERSSA obliga a sus usuarios que registre un factor de potencia al mes mayor o igual a 0.92. (EERSSA, 2012).

1) Cálculo de alimentador para el tablero principal.

Con la suma de la carga total de demanda de 15693.6W del sistema eléctrico general con este valor procedemos a calcular el amperaje con la siguiente formula:

$$\begin{aligned} I &= \frac{P}{2 * V * FP} \\ I &= \frac{15664,8W}{220 * 0.92} \\ I &= 77.40 A \end{aligned} \tag{39}$$

I: Corriente del circuito (A)

P: Carga total de demanda.

2: Constante.

V: Voltaje nominal.

FP: factor de potencia.

2) Realizamos el cálculo de caída de voltaje de conductor.

$$\begin{aligned} \Delta u &= \frac{2 * \rho * L * I * \cos\Phi}{S} \\ \Delta u &= \frac{2 * 0.01786 * 3 * 0.92}{26.67} \\ \Delta u &= 0.29 V \end{aligned} \tag{40}$$

S: Sección del conductor (mm²)

ρ : Resistividad del material del conductor.

L: Longitud del cable (m) (ida y vuelta)

Δu : Caída de tensión del conductor (V)

I: Corriente del circuito (A)

$\cos\Phi$: Factor de potencia de la carga.

3) Cálculo del porcentaje de caída de voltaje.

$$\begin{aligned}\% \Delta u &= \frac{V_c}{V_n} * 100 \\ \% \Delta u &= \frac{0.29}{220} = 0.13\end{aligned}\tag{41}$$

$\% \Delta$: Porcentaje de caída de voltaje.

V_c : Caída de voltaje en conductor.

V_n : Voltaje nominal.

El valor obtenido de 0.44% si cumple con lo que la norma nos indica que debe estar por debajo del 3%.

4) Cálculo de sección transversal del conductor.

$$\begin{aligned}S &= \rho \frac{2 * L * I * \cos \Phi}{\Delta u} \\ S &= 0.01786 \frac{2 * 3 * 77.54 * 0.92}{0.29} \\ S &= 26.67 \text{ mm}^2\end{aligned}\tag{42}$$

S : Sección del conductor (mm^2)

ρ : Resistividad del material del conductor.

L : Longitud del cable (m) (ida y vuelta)

I : Corriente del circuito (A)

$\cos \Phi$: Factor de potencia de la carga

Δu : caída de voltaje 3%.

5) Tabulación de cálculo de calibre de alimentador y sus respectivas protecciones.

Se realizó la suma de toda la carga de demanda para realizar el cálculo del alimentador principal (TDP) la cual para la caída de voltaje del conductor se escogió la sección transversal de 26.67 (3AWG) para el respectivo cálculo dando un resultado de 0.29V este valor se encuentra dentro del porcentaje del 3% permitido por la normativa (NEC, 2018).

El tablero secundario TS1 determinamos su protección y alimentador por su carga de demanda más la suma de la carga de demanda del tablero TS3. Para el TS2 se siguió el mismo procedimiento los cuales se sumó la carga de demanda de los tableros TS4 Y TS5. Y finalmente TS4 Y TS5 con sus respectivas cargas de demanda se realizó el cálculo del calibre del alimentador y su protección.

3.2.16. Tabulación de alimentadores y protección de tableros.

Tabla 20. Determinación de alimentadores y protección.

Tableros	Carga de demanda	Voltaje	Corriente	Corriente	Longitud	Caída de voltaje de conductor	Caída de voltaje	Sección del conductor	Alimentador	Protección
	(W)	(V)	(A)	1,25% (A)	(M)	(V)	(%)	(mm2)		
TS2+TS4+TS5	4.145	220	20,48	25,60	100,00	5,06	2,30	12,81	3x # 6THW + 1x8 THW	2P-40A
TS4	1414,2	220	6,99	8,73	5,00	0,21	0,09	5,39	3x # 10THW + 1x12 THW	2P-20A
TS5	1.344	220	6,64	8,30	15,00	0,58	0,27	5,39	3x # 10THW + 1x12 THW	2P-20A
TS3	2312,4	220	11,42	14,28	20	0,90	0,41	8,05	3x # 8THW + 1x10 THW	2P-30A
TS1+TS3	6256	220	30,91	38,64	55	2,64	1,20	20,37	3x # 4THW + 1x6THW	2P-40A
TDP +TS1+TS2+TS3+TS4+TS5	15664,8	220	77,40	96,74	3	0,29	0,13	26,67	3x # 3THW + 1x4 THW	2P-100A

3.2.17. Diagrama unifilar de todo el sistema eléctrico.

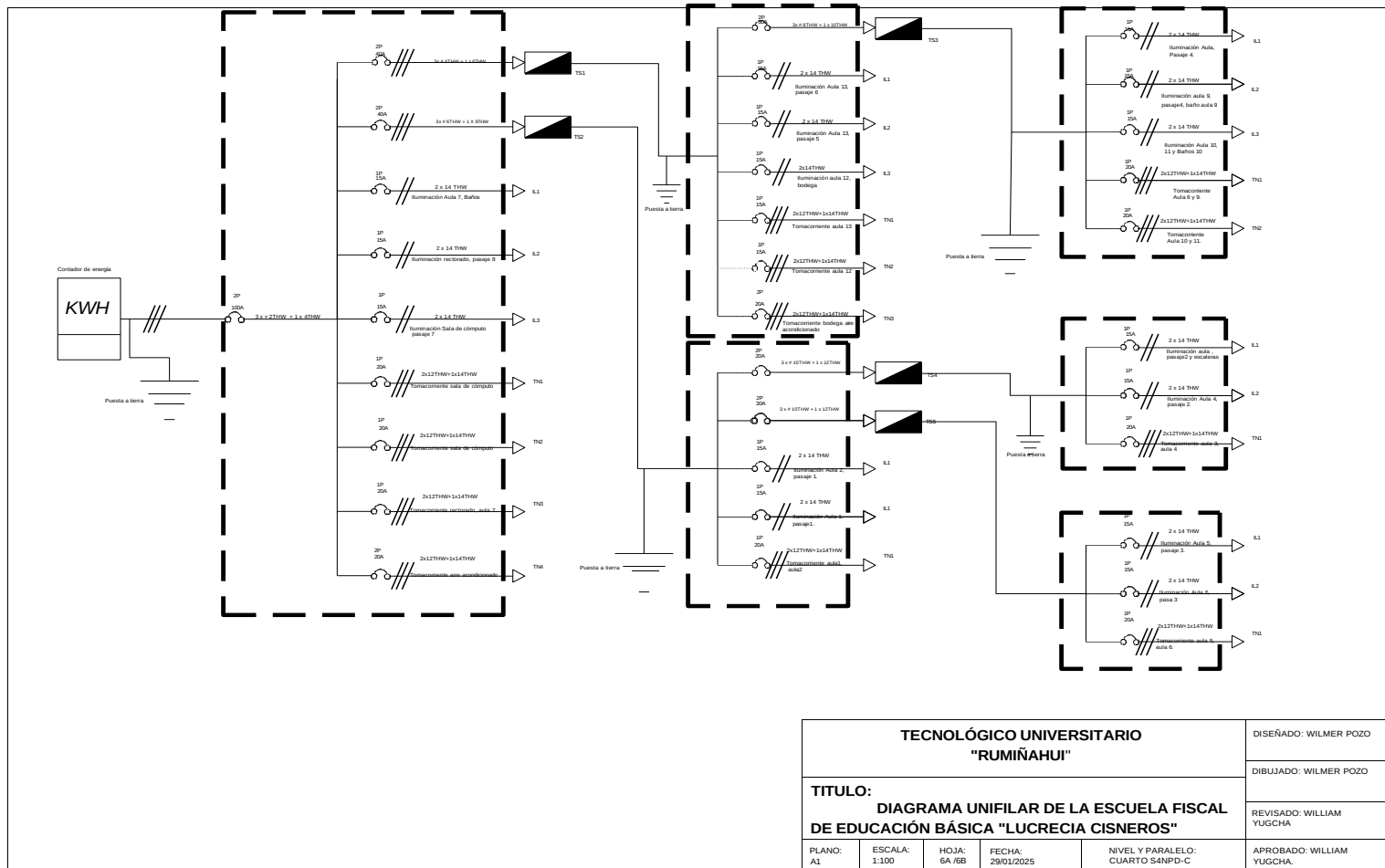


Figura 39. Imagen del diagrama unifilar general.

3.2.18. Puesta a tierra.

En el artículo 250.56 de la norma eléctrica nacional (NEC, NFPA70), determina que para instalaciones generales como nuestro proyecto debemos tener una resistencia de nuestra puesta a tierra menor a 25 Ω .

3.2.19. Lista de materiales.

Tabla 21. Listado de materiales a utilizar.

N.º	Descripción	Unidad	Cantidad
1	Tablero Bifásico 240 V 12 circuitos TQ CP125A	U	1
2	Tablero monofásico 6 circuitos 125a g	U	1
3	Luminaria danp proof pfm led 36W 6500K 5400lm.	U	24
4	Luminaria led Toledo 20W 6500K 1680lm.	U	12
5	Tomacorrientes polarizados	U	20
6	Breaker de 10A -1P	U	4
7	Breaker de 20A -1P	U	2
8	Breaker de 30A -2P	U	1
9	Rollo de Cable #14	U	3
10	Rollo de Cable #12	U	3
11	Cable concéntrico 3x8 THNN	M	100
12	Cable desnudo para tierra # 4 y # 8	M	3
13	Cinta aislante	U	10
14	Cable 10 AWG	M	15
15	Varilla cooperweld	U	3
16	Cajetines rectangulares	U	20
17	Conectores de golpes	U	2
18	Tubería Conduit ½ pulgada	M	50
19	Cable 3 x #3 THNN	M	12
20	Cable desnudo para tierra # 8	M	3
21	Conectores Conduit de ½ pulgada	U	40

3.3. Implementación

3.3.1. Desmontaje del circuito de iluminación.

En la figura 40, se observa el desmontaje del circuito de luminarias y conductores sobredimensionados de las aulas 1 y 2 de la planta baja.



Figura 40. Desmontaje de circuito de luminarias planta baja.

En la figura 41, se puede visualizar empalmes expuestos y conductores no se rigen al código de colores y además sobredimensionados de las aulas 3 y 4 de la planta alta y se procedió con el respectivo desmontaje.



Figura 41. Desmontaje de luminarias y conductores planta alta.

En la figura 42 Se visualiza los nuevos conductores para el sistema de iluminación con el respectivo calibre 14 AWG, para las aulas de 1 y 2 para planta baja y en las aulas 3 y 4, con una bajante al cielo falso protegido con tubos corrugas eléctricas y tapas ciegas para la caja de empalmes.



Figura 42. Instalación del nuevo sistema de iluminación

En la figura 43 observamos la situación inicial del pasaje 2, se encontraban con cables expuestos falta de luminarias y si energía.



Figura 43. Pasaje estado inicial

En la figura 44, Podemos apreciar que los tomacorrientes se encontraban en mal estado además de suciedad aculada en el interior, y falta de los mismos por aula, según nuestros cálculos, y las medidas de voltaje en estado inicial es de 100.8 V.



Figura 44. Toma corrientes en mal estado

En la figura 45, Podemos observar imágenes de los nuevos conductores siguiendo con los respectivos códigos de colores, además de instalar nuevos tomacorrientes en el cual son 5 por aulas según nuestros cálculos, con su altura correspondiente de 40 cm.



Figura 45. Instalación del nuevo circuito de tomacorriente

En la figura 46, se visualiza la protección principal de nuestro diseño eléctrico de la institución educativa ya que no constaba con ello.



Figura 46. Breaker principal.

En la figura 47, Observamos que los brarkers sobrepuestos representaban un panel principal representando un peligro hacia los estudiantes y a toda persona que transitara por el lugar, además de estar en la intemperie donde el agua o polvo han ocasionado cortocircuitos, además que constaba el valor de voltaje inicial de 188.9 V



Figura 47. Breakes sobrepuestos
directo al medidor

En la figura 48, se visualiza la medición de 1.60 m de altura que debe instalarse el nuevo tablero principal y conectado con los respectivos conductores calculados y puesta a tierra.



Figura 48. Instalación del nuevo tablero principal

En la figura 49, se aprecia el subtablero en estado inicial que los conductores de cada circuito no cumplen con el código de colores y además que las breakers no cumplen con la protección adecuada para los circuitos.



Figura 49. Tablero de estado inicial

En la figura 50, podemos observar la instalación del nuevo subtablero TS4 para planta alta que por normativa debe tener su propio tablero.



Figura 50. Instalación del nuevo subtablero TS4.

En la figura 51, observamos la puesta a tierra en su estado inicial se encuentra deteriorada y cortada, se procede hacer un cambio de varilla y cambiar el conductor desnudo por uno nuevo y así mejorar la resistividad del suelo.



Figura 51. Puesta a tierra estado inicial

En la figura 52, se visualiza las imagenes de la realización del nuevo puesta a tierra del subtablero TS2 y TS4, ya que no constaba con el mismo.

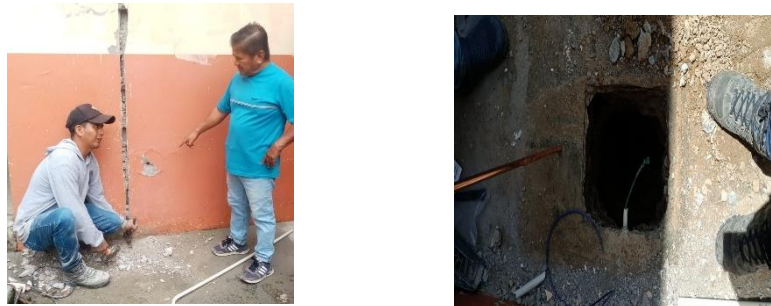


Figura 52. Nueva puesta a tierra para el tablero TS2 y TS4.

CAPITULO IV

4. PRUEBAS, RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

4.1. Pruebas de funcionamiento.

Una vez culminada la implementación se procedió a verificar el correcto funcionamiento de lo implementado y su correcto funcionamiento en los parámetros de iluminación, tomacorrientes, caída de voltajes y los niveles de resistividad de la puesta a tierra, garantizando que cumplan con los índices calculados en el proyecto.

4.2. Tablero principal.

En la figura 53, visualizamos el estado inicial del medidor y breakers sobrepuestos que eran como el tablero principal para toda la institución.



Figura 53. Fotografías del antes de la implementación.

En la figura 54, se aprecia el cambio después de la implementación la alimentación que va desde el medidor a la protección principal y hacia nuestro tablero principal “TPD” que se encuentra ubicado en el interior de la sala de cómputo, y realizamos la medición en escala de voltios el cual nos da un valor de 120 V.



Figura 54. Después de la implementación.

4.3. Tablero secundario TS2 planta baja.

En la figura 55, se observa el estado antes de la implementación, del tablero TS2, estaba sin la tapa de protección además de los conductores sobredimensionados, así como las protecciones para cada circuito.

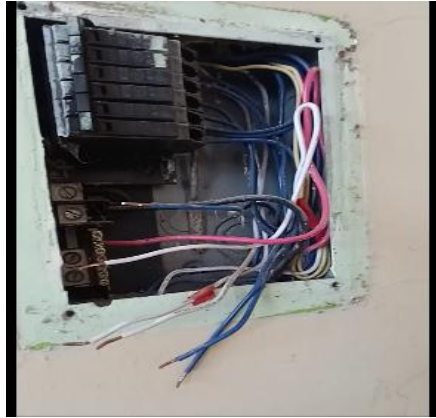


Figura 55. Imagen de situación inicial del tablero TS2

En la figura 56, Podemos observar el subtablero después de la implementación, el cambio de protecciones y conductores respetando los códigos de colores para el nuevo sistema eléctrico tanto para iluminación como toma corrientes y además de la alimentación del tablero TS4 de la planta alta, sellada y con etiquetado y el valor en volteos es de 119 V.

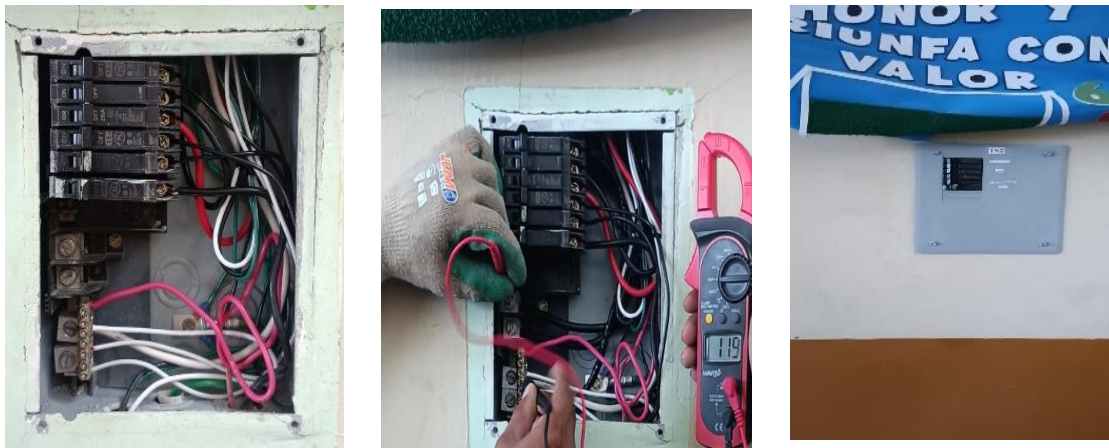


Figura 56. Tablero secundario después de la implementación.

4.4. Tablero secundario TS4 planta alta.

En la figura 57, se muestra la toma de medición de altura para el nuevo subtablero TS4, para la planta alta ya que no constaba con ninguno.



Figura 57. Fotografía de medición para el tablero TS4.

En la figura 58, Podemos apreciar el tablero nuevo TS4, y sus respectivas protecciones calculas para cada circuito, y con su respectivo etiquetado, y un valor de 120V.

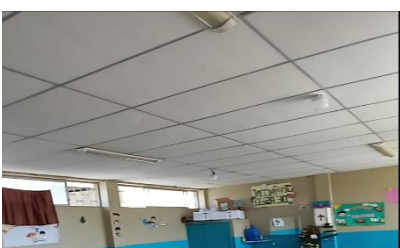
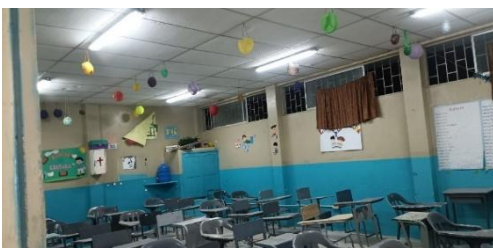


Figura 58. Tablero secundario nuevo TS4

4.5. Sistema de iluminación.

- 1) En la siguiente tabla 22, podemos ver el antes y después de la implementación, con el cambio al nuevo sistema de circuito de iluminación que va desde protecciones conductores luminarias y tuberías, además de verificar su correcto funcionamiento para las Aulas 1,2,3 y 4.

Tabla 22. Imágenes antes y después de la implementación de aulas.

Escenarios	Antes de la implementación	Después de la implementación
Aula 1		
Aula 2		
Aula 3		
Aula 4		

- 2) En la tabla 23, podemos observar la diferencia del antes y después de la implementación en los pasajes 1 y 2, con la realización de la distribución de

nuevas luminarias según los cálculos obtenidos para una mejor distribución lumínica.

Tabla 23. Imágenes del antes y después de la implementación de pasaje 1 y 2.

Escenarios	Antes de la implementación	Después de la implementación
Pasaje1		
Pasaje 2		

4.6. Mediciones de niveles de iluminación.

En figura 59, se visualiza que los niveles en lux de las aulas 1,2,3 y 4, implementadas cumplen con los valores que nos indica la normativa para la adecuada distribución lumínica de las aulas.



Figura 59. Mediciones de lux en aulas 1,2,3 y 4

En la figura 60, observamos los valores en lux el cual cumple con los niveles requerido por la normativa para los pasajes 1 y 2.



Figura 60. Medidas en lux pasaje 1 y 2

En la tabla 23, comprobamos que los niveles de iluminación son aptos y cumplen con la normativa de la correcta distribución del flujo luminoso.

Tabla 24. Comprobación de lux antes y después de la implementación.

Escenarios	Valor situación inicial en la noche (lux)	Valor UNE 12464.1 (lux)	Valor medido en la noche (lux)
Aula1	0	300	362
Aula 2	0	300	372
Aula 3	0	300	355
Aula 4	0	300	366
Pasaje 1	0	100	108
Pasaje 2	0	100	116

Los valores medidos en lux de la situación inicial están en 0, por la falta de energía eléctrica en el circuito de iluminación además de luminarias defectuosas.

4.7. Tomacorriente después de la implementación y funcionamiento.

En la figura 61, observamos el estado inicial de toma corrientes, se realizó el cambio de conductores respetando los códigos de colores y dimensionamientos adecuados con su respectiva protección según la normativa y el incremento de los mismos, estos cambios se realizaron para las aulas 1,2,3 y 4.

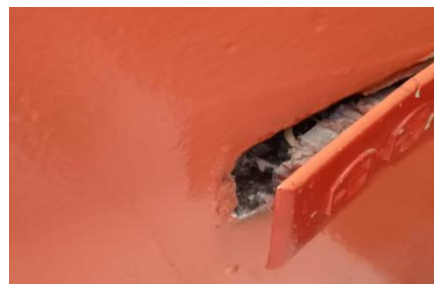


Figura 61. Tomacorriente antes de la implementación.

En la figura 62, se muestra las mediciones en la salida de los tomacorrientes nuevos en las aulas 3 y 4, para constatar del buen funcionamiento de nuestros circuitos eléctricos. En los cuales se incrementaron 3 tomacorrientes en las 4 aulas implantadas basándonos en los cálculos obtenidos.

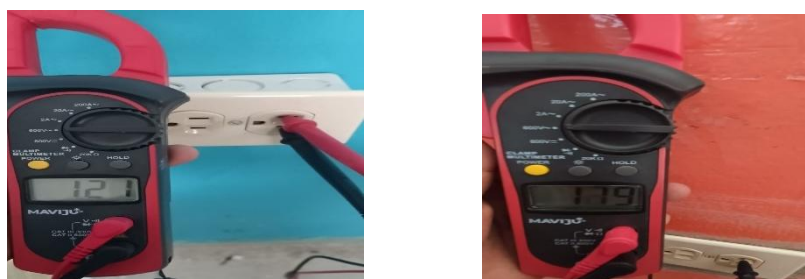


Figura 62. Tomacorrientes del aula 3 y 4.

4.8. Caída de voltaje.

Se comprobó con la siguiente tabla 24 mediante mediciones en escala de voltes la caída de voltaje de los distintos tableros y circuitos que conforman nuestro sistema, para verificar si se mantienen en los niveles admisibles, y ratificando un abastecimiento estable para todo el circuito eléctrico de la institución educativa.

Tabla 25. Datos de caída de voltaje

Circuitos	Valor estado inicial	Valor después de la implementación	Observación
Tablero principal	118.9 V	120 V	Se mejoro el voltaje después de la implementación
Tablero TS2	100.8 V	119 V	Un valor correcto según la normativa.
Tablero TS4	N/N	120 V	Antes no tenía tablero la segunda planta
Tomacorriente	100.8	119 V	Se mejoro el voltaje en los tomacorrientes

4.9. Puesta a tierra.

1) Realizamos el cálculo con la pinza amperimétrica por falta de telurómetro, como primer paso medimos el voltaje que teníamos en este caso fue de 118 V, el cual valores se encuentran en la figura 63, luego el conductor línea se conectó directamente a la varilla de cobre y procedimos a medir la corriente el cual fue un valor de 14.15 A, es lo que circula

por la varilla hacia la tierra. Para hallar la resistencia procedimos a aplicar la fórmula de ley de ohm el cual es la siguiente:

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

$$R = \frac{118V}{14.15A} \quad (43)$$

$$R = 8.33 \, \Omega$$

Con el resultado obtenido de $8.33 \, \Omega$, estamos dentro de los valores que nos pide la norma que debe ser menos de $25 \, \Omega$.

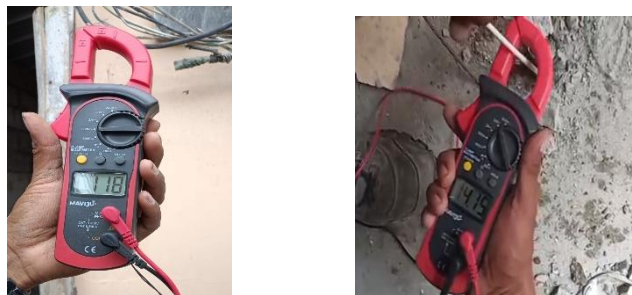


Figura 63. Medidas de voltaje y amperio.

- 2) En la figura 64, podemos observar que se realizó una nueva puesta a tierra para ya que el de estado inicial estaba deteriorado, se mejoró el suelo, como una nueva varilla de cobre y conectores de golpe martillo, luego se procedió a realizar el cálculo de la resistividad el cual nos dio un valor de $3.65 \, \Omega$, mejorando el valor de la situación inicial.

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

$$R = \frac{118V}{32.3A} \quad (44)$$

$$R = 3.65 \, \Omega$$



Figura 64. Puesta a tierra actual

- 3) En la figura 65, se observar la puesta a tierra del tablero TS2 y TS4, por la razón que no constaba con el sistema eléctrico inicial, y se procedió a realizar por el mismo método del estado inicial para el cálculo de puesta a tierra.

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

$$R = \frac{120V}{20.3A} \quad (45)$$

$$R = 5.91 \, \Omega$$

El cual nos arroja un resultado de $5.91 \, \Omega$ el cual cumple con la normativa de menos de $25 \, \Omega$.



Figura 65. Puesta a tierra TS2, TS4.

4.10. Plan de mantenimiento preventivo.

El mantenimiento preventivo del sistema eléctrico de una escuela es esencial para garantizar la seguridad de los alumnos y el personal, optimizar el consumo de energía y evitar fallos que puedan interrumpir las actividades académicas. Este plan establece inspecciones, limpiezas y pruebas periódicas para mantener en óptimas condiciones los cuadros eléctricos, los circuitos de alumbrado y las tomas de corriente.

- 1) Tableros Eléctricos (Principal y Secundario)

Frecuencia: Trimestral

- Inspección visual de cables, conexiones y componentes.
- Verificación del estado de interruptores termomagnéticos y diferenciales.
- Ajuste de tornillos y terminales eléctricos para evitar sobrecalentamientos.
- Limpieza de suciedad y posibles residuos que afecten a la disipación del calor.
- Comprobación del funcionamiento de los dispositivos de protección.
- Realización de pruebas de funcionamiento de los elementos de protección.

2) Circuito de iluminación

- Con periodicidad: Semestral
- Comprobación del funcionamiento de las luminarias y reposición de las bombillas averiadas.
- Inspección del cableado y empalmes para identificar signos de desgaste o sobrecalentamiento.
- Medición de voltaje en puntos de luz.
- Revisión del estado de las luminarias y sustitución de bombillas defectuosas.
- Comprobación de interruptores.

3.) Circuito de tomacorriente

Periodicidad: Semestral

- Comprobación visual de los tomacorrientes en la detección de daños o quemaduras.
- Inspección de la sujeción y conexión de puntos de contacto.
- Medición
- Medición de voltaje para asegurar una alimentación eléctrica estable.
- Realización de pruebas de carga para verificar la operatividad.
- Reposición de tomas averiadas o deterioradas.
- Comprobación de puesta a tierra y protección diferencial.

CAPITULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones.

A partir de la recopilación de información y el diagnóstico de la carga, se evaluó y mejoró el sistema eléctrico, la falta de un tablero principal y el número insuficiente de tomacorrientes en las aulas, los niveles de iluminación bajos. Por consiguiente, se diseñó e implantó un nuevo sistema eléctrico, con la instalación de un tablero principal y secundarios además ampliación de los circuitos de tomacorriente, lo que garantiza el funcionamiento correcto y seguro del sistema eléctrico y el funcionamiento de los equipos eléctricos de la instalación.

El diseño y la mejora del sistema de iluminación, utilizando AutoCAD y DIALux, se consiguió una distribución de los elementos eléctricos eficiente y un diseño idóneo del sistema de iluminación, garantizando niveles luminosos adecuados en cuatro aulas y dos pasillos. Mediante la implantación de sus nuevas luminarias se ha conseguido un entorno educativo más confortable y apropiado para las diferentes actividades escolares, optimizando el consumo energético y garantizando el cumplimiento de las normas recomendadas.

Mediante el cumplimiento de normativas y seguridad del sistema eléctrico, para la instalación del sistema eléctrico se han seguido las normas del Código Eléctrico Nacional (NEC) y las normas internacionales, garantizando la correcta selección de conductores y protecciones. La implementación de un sistema de puesta a tierra refuerza la seguridad de la instalación, al proteger a los estudiantes y al personal de eventuales fallos eléctricos y asegurar la eficacia y sostenibilidad del sistema.

5.2. Recomendaciones

Se recomienda sustituir el contador existente por otro más actualizado y con la adecuada protección. Además, es imprescindible reparar o sustituir la acometida en mal estado para prevenir interrupciones de abastecimiento y eventuales riesgos para la seguridad.

Las modificaciones de las instalaciones eléctricas deben seguir la normativa vigente y procurando incorporar a los circuitos las protecciones apropiadas, como interruptores termomagnéticos y diferenciales. Esto le permitirá garantizar la eficacia y la seguridad de la instalación.

Se recomienda dar prioridad a los proyectos de los alumnos que requieran realizar proyectos orientados al mejoramiento del sistema eléctrico, para que apliquen sus aprendizajes y contribuyan con el aporte de soluciones para la institución.

El seguimiento del plan de mantenimiento preventivo establecido resulta clave que la institución educativa, para prolongar la duración de las instalaciones y evitar riesgos eléctricos.

6. Bibliografía

- (INEN), I. E. (2001). https://archive.org/https://www.academia.edu/43740262/INSTITUTO_ECUATORIANO_DE_NORMALIZACION_C3%93N_C3%93DIGO_DE_PR3%81CTICA_ECUATORIANO_CPE_INEN_19_2001_C3%93DIGO_EL3%89CTRICO_NACIONAL
- Autodesk. (2024). *autodesk*. <https://www.autodesk.com/products/autocad/overview>
- Castilla Cabanes Nuria, B. G. (05 de 05 de 2011). artículo docente Cálculo método de los lúmenes . <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/12833/art3%ADculo%20docente%20C3%A1lculo%20m3%A9todo%20de%20los%20l3%BAmenes.pdf>
- Cevallos, A. (2004). *Hablemos de electricidad*. <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/9270/1/HABLEMOSDEELECTRICIDAD.PDF>
- DIALux. (2025). https://www.dialux.com/es-ES/dialux?utm_source
- EEASA. (2021). chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.eeasa.com.ec/content/uploads/2021/06/GUIA-2021-PARTE-2-.pdf?utm_source=chatgpt.com
- EERSSA. (01 de 2012). chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.eerssa.gob.ec/eerssa/lo taip/2017/noviembre/archivos/a3/Normas_tecnicas_para_el_diseno_de_redes_electricas_urbanas_y_rurales.pdf
- Estudiantil, M. A. (12 de 09 de 2024).
- Fernandez, J. G. (1999). *UPC Universitat Politècnica de Catalunya*. <https://recursos.citcea.upc.edu/llum/interior/iluint2.html>
- Heras, C. A.–L. (25 de 12 de 2014). <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.mendoza.gov.ar/wp-content/uploads/sites/34/2019/10/Anexo-4-Memoria-de-C3%A1lculo-de-Iluminaci3%B3n.pdf>
- Ibérica, P. (15 de 07 de 2009). (www.pce-iberica.es. <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.pce-iberica.es/manuales/manual-luxometro-pce-172-nuevo-1.pdf>
- LEDVANCE. (s.f.). *LEDVANCE*. <https://www.ledvance.lat/profesional/productos/luminarias/luminarias-con->

tecnologia-led-para-techo--pared-y-piso/luminaria-hermetica-con-y-sin-led-
integrado-para-uso-profesional-ip65/luminarias-hermeticas-con-led-integrado-
c232595?productId=261315

Lima Velasco, J. I. (2024). *Diseño y calculo de instalaciones eléctricas residenciales: basado en la Norma NOM-001-SEDE-2018 instalaciones eléctricas*. Grupo Editorial Éxodo. <https://elibro.net/es/lc/ister/titulos/275773>

Martín Pérez, F. J. (2010). *Apuntes de electricidad aplicada a los buques*. Spain: Alicante. <https://elibro.net/es/ereader/ister/55071>

masvoltaje. (s.f.). <https://masvoltaje.com/blog/analisis-de-productos/tipos-de-cables-electricos-que-existen>

mheducation. (03 de 08 de 2004). www.mheducation.es. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/<https://www.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448141725.pdf>

NEC. (02 de 2018). *habitatyvivienda*. <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/2023/03/1.-NEC-SB-Instalaciones-Elctricas.pdf>

NOM-001-SEDE-2012. (2012). *SENNER*. <https://www.dof.gob.mx/normasOficiales/4951/SENER/SENER.html>

sices. (14 de 02 de 2021). *sices.net*. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/[https://sices.net/Profesores/files/GUIA%20GRADO%208-1%20\(4\).pdf](https://sices.net/Profesores/files/GUIA%20GRADO%208-1%20(4).pdf)

sylvania. (15 de 12 de 2020). *sylvania*. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/<https://sylvania.com.ec/wp-content/uploads/2020/12/LED-TOLEDO-ALTA-POTENCIA.pdf>

UNE. (2002). *UNE 12464.1*. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/<https://www.diba.cat/documents/7294824/11610426/E05UNE-12464.1+Norma+europea+para+la+iluminaci%C3%B3n+de+interiores.pdf/7dd66ee0-095f-4c9d-a287-52af544d16b8>

unlp. (11 de 06 de 2020). *unlp.edu.ar*: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/<https://unlp.edu.ar/wp-content/uploads/51/27751/5c5a8f71c013ea9277e46bcf4b1658b2.pdf>

7. ANEXOS

7.1. Acta de aceptación del proyecto de titulación



ESCUELA DE EDUCACIÓN BÁSICA
"LUCRECIA CISNEROS"
Bambil Deshecho – Colonche - Santa Elena
Email: lucreclacs@hotmail.com
Amie: 241100075



ACTA DE ACEPTACIÓN DEL PROYECTO DE TITULACIÓN

Ciudad, 23 de 12 de 2024

ENTIDAD BENEFICIARIA: Escuela Fiscal de Educación Básica "Lucrecia Cisneros"

PROYECTO: Implementar y rediseñar el sistema eléctrico de la escuela de Educación Básica Lucrecia Cisneros

En la comuna Bambil Deshecho los 23 días del mes de 12 de 2024, 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 el señor estudiante del Instituto Universitario Rumiñahui:

- Wilmer Jorge Pozo Flores

Por medio del presente, la Escuela Fiscal de Educación Básica "Lucrecia Cisneros" manifiesta su aceptación formal para que el estudiante mencionado lleve a cabo el proyecto de titulación bajo los lineamientos establecidos.

En conformidad con lo expuesto, firman las partes involucradas:

Por los estudiantes

Firma:

Wilmer Jorge Pozo Flores

Estudiante Instituto Universitario Rumiñahui

Cédula: 0928500537

Por la Entidad Receptora

Firma:

MSc. Gonzalo Ysidro Tomalá Catuto

Rector

Escuela de Educación Básica "Lucrecia Cisneros"

Cédula: CI. 0912292927

7.2. Acta de entrega y recepción del proyecto de titulación



ESCUELA DE EDUCACIÓN BÁSICA
"LUCRECIA CISNEROS"
Bambil Deshecho - Colonche - Santa Elena
Email: lucreciacis@hotmail.com
Amie: 241100075



ACTA DE ENTREGA Y RECEPCIÓN DEL PROYECTO DE TITULACIÓN

Ciudad, 12 de 03 de 2025

ENTIDAD BENEFICIARIA: Escuela de Educación Básica "Lucrecia Cisneros"

PROYECTO: Implementar y rediseñar el sistema eléctrico de la escuela de Educación Básica Lucrecia Cisneros

En la comuna Bambil Deshecho los 11 días del mes de 03 de 2025, se procede a la firma del presente documento con el propósito de dejar constancia de la entrega y recepción del proyecto de titulación desarrollado por el estudiante del Instituto Universitario Rumiñahui:

- Wilmer Jorge Pozo Flores

El presente proyecto ha sido ejecutado conforme a la propuesta inicial y ha sido entregado a, la Escuela de Educación Básica "Lucrecia Cisneros" en cumplimiento de los requerimientos establecidos. Tras la revisión correspondiente, la entidad receptora manifiesta su conformidad con el trabajo realizado, considerándolo satisfactorio.

Por su parte, los estudiantes dejan constancia de la culminación y entrega del proyecto de titulación, incluyendo la documentación respectiva, en concordancia con los lineamientos y objetivos planteados en la propuesta original.

En señal de conformidad, se firma el presente documento en dos ejemplares de igual tenor, en el lugar y fecha indicados.

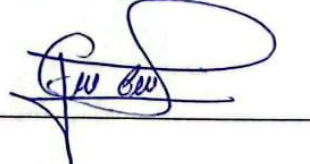
Por los estudiantes

Firma: 

Wilmer Jorge Pozo Flores
Estudiante Instituto Universitario Rumiñahui
Cédula: 0928500537



Por la Entidad Receptora

Firma: 

MSc. Gonzalo Ysidro Tomalá Catuto
Rector
Escuela de Educación Básica "Lucrecia Cisneros"
Cédula: CI. 0912292927

7.3. Link del video de entrega del proyecto

1) Entrega de nuestro proyecto a la autoridad del plantel educativo

<https://youtu.be/pBZRBu4PDak>

2) Recorrido de los escenarios implementados y su respectivo funcionamiento.

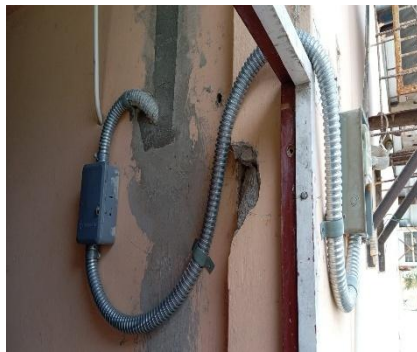
<https://youtu.be/ykr2xEu3GzU>

7.4. Registro fotográfico

Breakers sobre puestos expuestos a factores ambientales como agua, polvo.



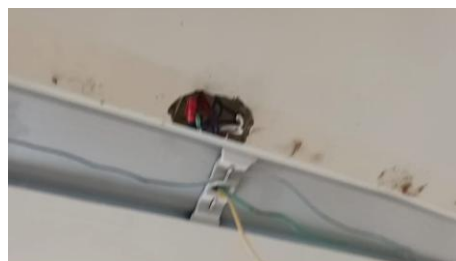
En la siguiente fotografía se pudo observar el después de la implementación con su respectivo breaker principal y el tablero de distribución principal.



Se realizó la instalación del subtablero TS4 para la segunda planta ya que por normativa cada planta debe llevar su propio tablero.



Desmontando el circuito de iluminación inicial.



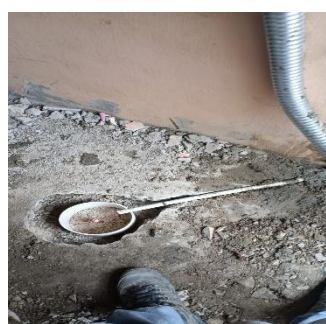
Podemos observar en las siguientes imágenes realizando el paso de conductores para el nuevo circuito de iluminación.



En las siguientes imágenes observamos los conductores para el circuito nuevo de tomacorriente con sus colores respectivos según la norma NEC.



Se realizó la instalación de una nueva puesta a tierra del tablero de distribución principal.



Para los subtableros TS2 Y TS4 también se hizo una puesta a tierra nuevo ya que no constaba con ninguno.



Imágenes del día de entrega del proyecto y firma por el rector de la institución, y fotografías con profesores y luminarias que se reemplazaron.



Fotografía tomada en la noche de las 4 aulas implementadas y los 2 pasajes.

