



Pregrado

Carrera: Electricidad

Asignatura (UIC): Desarrollo de Proyectos Eléctricos

**Trabajo de titulación previo a la obtención del
Título en:** Tecnólogo Superior en Electricidad

Tema: Diseño e Implementación del sistema
De iluminación y fuerza en bajo voltaje (B.V) de la
Escuela de educación básica “Juan Amador”

Autor/s: Darwin Daniel Iza Zurita, Kenyn Heriberto
Barba, Luis Eduardo Chacha Simbaña

Tutor metodológico: Ing. Pablo Cesar Catota Ocapana

Tutor Técnico: Ing. Pablo Cesar Catota Ocapana

Sangolquí, agosto de 2024



Autor:



(Iza Zurita Darwin Daniel)

Título a obtener: Tecnólogo Superior en Electricidad

Matriz: Sangolquí -Ecuador

Correo electrónico: darwindaniel.iza@ister.edu.ec

Autor:



(Barba Kenyn Heriberto)

Título a obtener: Tecnólogo Superior en Electricidad

Matriz: Sangolquí -Ecuador

Correo electrónico: kenyn.barba@ister.edu.ec

Autor:



(Chacha Simbaña Luis Eduardo)

Título a obtener: Tecnólogo Superior en Electricidad

Matriz: Sangolquí -Ecuador

Correo electrónico: luiseduardo.chacha@ister.edu.ec

Dirigido por:



(Catota Ocapana Pablo Cesar)

Título: Ing. Electromecánico

Matriz: Sangolquí -Ecuador

Correo electrónico: pablo.catota@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

(Iza Zurita Darwin Daniel, Barba Heriberto Kenyn, Chacha Simbaña Luis Eduardo)

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN Y FUERZA EN
BAJO VOLTAJE (B.V) DE LA ESCUELA DE EDUCACION BÁSICA “JUAN
AMADOR”**



CARTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CT-ANX-2024-ISTER-6-6.2

Sangolquí, 15 de octubre del 2024

**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, DARWIN DANIEL IZA ZURITA, KENYN HERIBERTO BARBA, LUIS EDUARDO CHACHA SIMBAÑA, declaro y acepto en forma expresa lo siguiente: Ser autor del trabajo de titulación denominado DISEÑO E IMPLEMENTAACION DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN Y FUERZA EN BAJO VOLTAJE (B.V) DE LA ESCUELA DE EDUCACION BASICA "JUAN AMADOR", de la Tecnología Superior TECNOLÓGIA UNIVERSITARIA 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,

DARWIN DANIEL IZA ZURITA
C.I.: 1721615746

MATRIZ SANGOLQUÍ: Av. Atahualpa 1701 y 8 de Febrero
Telf: 0960052734 / 023524576 / 022331628



Atentamente,

KENYN HERIBERTO BARBA
C.I.: 1710852862

Atentamente,

LUIS EDUARDO CHACHA SIMBAÑA
C.I.: 1749552542

MATRIZ SANGOLQUÍ: Av. Atahualpa 1701 y 8 de Febrero
Telf: 0960052734 / 023524576 / 022331628



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

CT-ANX-2024-ISTER-1

CARRERA:

TECNOLOGÍA UNIVERSITARIA EN ELECTRICIDAD

AUTOR /ES:

DARWIN DANIEL IZA ZURITA
KENYN HERIBERTO BARBA
LUIS EDUARDO CHACHA SIMBAÑA

TUTOR:

PABLO CESAR CATOTA OCAPANA

CONTACTO ESTUDIANTE:

0987417773
0985674261
0958879409

CORREO ELECTRÓNICO:

rallyteam206@gmail.com
kenyn.b@hotmail.com
edu7778@hotmail.com

TEMA:

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN Y FUERZA EN
BAJO VOLTAJE (B.V) DE LA ESCUELA DE EDUCACIÓN BÁSICA "JUAN
AMADOR"

OPCIÓN DE TITULACIÓN:

MATRIZ SANGOLQUÍ: Av. Atahualpa 1701 y 8 de Febrero
Telf: 0960052734 / 023524576 / 022331628



RESUMEN EN ESPAÑOL:

El presente proyecto consiste en la repotenciación del sistema eléctrico de la Escuela de Educación Básica, " Juan Amador" enfocado en diseñar e implementar un sistema de iluminación y fuerza que opere bajo voltaje. El objetivo principal es modernizar la infraestructura eléctrica para mejorar la seguridad, eficiencia y funcionalidad de los espacios educativos.

Para llevar a cabo este proyecto, se inició con un diagnóstico detallado de las instalaciones actuales, identificando las deficiencias en la distribución eléctrica y las necesidades específicas de cada área de la escuela. Con base en este análisis, se diseñó un sistema que cumple con los estándares de seguridad y eficiencia energética, incorporando tecnología de bajo consumo y materiales adecuados para un entorno educativo.

La implementación incluyó la instalación de nuevas líneas de fuerza y puntos de iluminación en aulas, pasillos y áreas comunes, utilizando cableado y componentes que garantizan la estabilidad y durabilidad del sistema. Además, se colocaron protecciones, sistemas de puestas a tierra y dispositivos de control para asegurar que el sistema funcione de manera óptima y segura.

Con esta repotenciación, se espera no solo mejorar la calidad de la iluminación y el suministro eléctrico, sino también crear un ambiente más seguro y confortable para estudiantes y docentes, promoviendo un entorno propicio para el aprendizaje.

PALABRAS CLAVE:

INSTALACION ELECTRICA, ILUMINACION, SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA.

ABSTRACT:

MATRIZ SANGOLQUÍ: Av. Atahualpa 1701 y 8 de Febrero
Telf: 0960052734 / 023524576 / 022331628



The present project consists of the repowering of the electrical system of the Basic Education School, "Juan Amador" focused on designing and implementing a lighting and power system that operates under voltage. The main objective is to modernize the electrical infrastructure to improve the safety, efficiency and functionality of educational spaces.

To carry out this project, it began with a detailed diagnosis of the current facilities, identifying deficiencies in electrical distribution and the specific needs of each area of the school. Based on this analysis, a system was designed that meets safety and energy efficiency standards, incorporating low-consumption technology and materials suitable for an educational environment.

The implementation included the installation of new power lines and lighting points in classrooms, hallways and common areas, using wiring and components that guarantee the stability and durability of the system. In addition, protections, grounding systems and control devices were placed to ensure that the system works optimally and safely.

With this repowering, it is expected not only to improve the quality of lighting and electrical supply, but also to create a safer and more comfortable environment for students and teachers, promoting an environment conducive to learning.

PALABRAS CLAVE:

ELECTRICAL INSTALLATION, LIGHTING, GROUNDING SYSTEMS.



SOLICITUD DE PUBLICACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CT-ANX-2024-ISTER-2

Sangolquí, 15 de octubre del 2024

Sres.-

INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO RUMIÑAHUI CON CONDICIÓN DE UNIVERSITARIO

Presente

A través del presente me permito aceptar la publicación del trabajo de titulación de la Unidad de Integración Curricular en el repositorio digital "DsPace" del estudiante:
DARWIN DANIEL IZA ZURITA, KENYN HERIBERTO BARBA, LUIS EDUARDO CHACHA SIMBAÑA, con C.I.: 1721615746, 1710852862, 1719352542, alumno de la Carrera TECNOLOGÍA UNIVERSITARIA EN ELECTRICIDAD.

Atentamente,

Firma del Estudiante
C.I.: 1721615746

Atentamente,

Firma del Estudiante
C.I.: 1710852862

Atentamente,

Firma del Estudiante
C.I.: 1719352542

MATRIZ SANGOLQUÍ: Av. Atahualpa 1701 y 8 de Febrero
Telf: 0960052734 / 023524576 / 022331628



Han sido revisadas las similitudes del trabajo en el software "TURNITING" y cuenta con un porcentaje de; motivo por el cual, el Proyecto Técnico de Titulación es publicable. (EL PORCENTAJE DE SIMILITUD DEBE SER MÁXIMO DE 15%)

MSc. Elizabeth Ordoñez
DIRECTORA DE DOCENCIA

MSc. Mónica Loachamín
COORDINADORA DE TITULACIÓN

Fecha del Informe ____/____/____

MATRIZ SANGOLQUÍ: Av. Atahualpa 1701 y 8 de Febrero
Telf: 0960052734 / 023524576 / 022331628

DEDICATORIA

A mis padres, Cesar Luciano Iza y María Consuelo Zurita, mi gratitud infinita por su amor incondicional, su incansable dedicación y el ejemplo de esfuerzo y sacrificio que han sido en mi vida. Gracias por enseñarme con su ejemplo los valores éticos y morales que me guían tanto en lo personal como en lo académico.

A mi hermano, Cesar Paul Iza Zurita, gracias por su apoyo incondicional y por estar siempre a mi lado, especialmente en los momentos más difíciles. Su compañía y comprensión han sido un pilar fundamental para mí.

A Nadia Nathaly Clavijo Factos, gracias por tu amor y comprensión y paciencia frente a las adversidades que se presentaron; tu apoyo me dio la fortaleza para seguir adelante.

Y a mis compañeros de tesis, gracias por estar ahí, por tu apoyo constante y por afrontar juntos los desafíos y reveses del proyecto.

Darwin Daniel Iza Zurita

Quiero dedicar un momento especial para expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que han sido parte fundamental de este viaje académico. En primer lugar, a mis profesores, quienes, con su dedicación y pasión por el conocimiento me han guiado y motivado a lo largo de este proceso, su sabiduría y apoyo han sido una fuente de inspiración constante.

A mis compañeros de estudio, con quienes compartí tantas horas de trabajo y aprendizaje; gracias por su compañerismo, por las largas charlas que me ayudaron a clarificar ideas y por el apoyo incondicional en los momentos de desafío. Cada uno de ustedes ha dejado una huella en mi vida que atesoraré siempre.

A mi familia, por su amor incondicional y su paciencia. Gracias por ser mi pilar, por creer en mí incluso en los momentos más difíciles y por empujarme a dar lo mejor de mí, su aliento ha sido el motor que me ha impulsado a seguir adelante.

Por último, quiero hacer una mención a una persona especial; mi Madre, aunque no haya estado físicamente presente, siempre ha estado en mi pensamiento y corazón, su influencia y recuerdos han sido guías en este viaje.

Este trabajo es el resultado de un esfuerzo colectivo, y a cada uno de ustedes, les agradezco de corazón por contribuir a que este sueño se haga realidad.

Kenyn Heriberto Barba

Con profundo agradecimiento y humildad, dedico esta tesis a:

Dios, fuente inagotable de fortaleza y guía en cada paso de este viaje. A lo largo de los momentos de incertidumbre, Su luz ha sido mi norte, sosteniéndome cuando el camino parecía más difícil.

A mi madre, mi ángel terrenal, cuyo amor inmenso, sabiduría y apoyo incondicional me han dado la valentía para seguir adelante. Su ejemplo de sacrificio y bondad ha sido mi inspiración más grande, y su fe en mí, el impulso que me ha sostenido en los momentos de duda.

A mi esposa, mi compañera fiel, mi confidente, y la luz que ha brillado con intensidad en los días más oscuros. Su amor y comprensión han sido el refugio donde he encontrado paz y fuerzas para continuar, incluso cuando el cansancio y las dificultades amenazaban con detenerme.

A mis hijos, mis estrellas brillantes, cuya inocencia, alegría y curiosidad han sido una fuente constante de motivación. Espero que, al ver mi esfuerzo, encuentren en mí un ejemplo de perseverancia, dedicación y la importancia de nunca rendirse.

A toda mi familia, cuyo apoyo y aliento constante han sido el cimiento sobre el que he construido cada logro. Han sido mi equipo en este viaje, acompañándome con su confianza, y contribuyendo a que mis sueños se hicieran realidad.

Gracias por ser parte de esta travesía. Por creer en mí cuando las fuerzas flaqueaban, por ofrecer su apoyo y por ayudarme a alcanzar lo que parecía inalcanzable.

Luis Eduardo Chacha Simbaña

AGRADECIMIENTOS

Expresamos nuestro más profundo agradecimiento a la Tecnológico Universitario Rumiñahui, a los estimados profesores y, especialmente, a nuestro director de tesis, el ingeniero Pablo Cesar Catota Ocapana. Gracias por compartir generosamente sus conocimientos y por guiarnos en este camino, ayudándonos a forjar una profesión que nos permitirá alcanzar nuestros propósitos y metas. Su dedicación y apoyo han sido fundamentales para nuestro crecimiento personal y profesional.

Tabla de contenido

1. Introducción	11
1.1. Planteamiento del problema.....	11
1.2. justificación.....	12
1.3. Alcance	12
1.4. Objetivos General y Específicos.....	12
1.4.1. Objetivo general.....	12
1.4.2. Objetivo Específicos	13
2. Marco Teórico.....	14
2.1. Antecedentes.....	14
2.2. Sistema de Iluminación.....	16
2.2.1. Tipos de Sistemas de Iluminación	17
2.2.2. Tipos de luminarias.....	18
2.2.3. Fórmulas para el cálculo manual de sistemas de iluminación	22
2.2.4. Conductores eléctricos.....	24
2.2.4.4.1. Bajo voltaje hasta 750 V	27
2.2.4.4.2. Baja tensión hasta 1000 V.....	28
2.2.4.4.3 Media tensión: 1 kV a 36 kV	28
2.2.4.4.4 Alta tensión: superior a 36 Kv	28
2.2.5. Protecciones contra sobre corrientes.....	30
2.2.6. Software de simulación de iluminación (DIALux).....	34
2.2.7. Normativa Ecuatoriana de la construcción (NEC).....	40
2.2.8. Normativa Europea de iluminación interiores (UNE)	44
3. Diseño e implementación.....	46
3.1. Estudio de carga instalada.....	46
3.2. Cálculo de luminarias mediante el método lúmenes.....	52
3.2.1. Cantidad de luminarias	55
3.3. Diseño del sistema de iluminación en DIALUX	56
3.3.1. Levantamiento de Planos	56
3.3.2. Modelado 3D: Selección del área de trabajo	57
3.3.3. Selección de Luminarias	58

3.3.3.1 Distribución de Iluminación	59
3.3.4 Resultados	59
3.4. Diseño del circuito de iluminación y fuerza	61
3.4.1. Factores de Demanda para Iluminación y Tomacorrientes de Uso General	61
3.4.2. Cálculo del calibre del conductor	61
3.4.3. Código de colores para cables eléctricos	66
3.4.4. Cálculo de alimentador principal.	66
3.4.5. Caídas de voltaje	69
3.4.6 Selección de protecciones	71
3.5. Puesta a tierra	75
3.5.1. Conductores de Puesta a Tierra	77
4. Evaluación y Análisis de Resultados	78
4.1. Desarrollo del Plano en AUTOCAD	78
4.2. Resultados Obtenidos mediante el Cuadro de Carga	79
4.3 Adquisición de materiales y elementos necesarios	85
4.4. Desarrollo de la implementación antes y después en las diferentes áreas.	88
4.4.1. Verificación Lumínica: Evaluación y Optimización del Sistema de Iluminación	90
4.4.2. Detalle de lámparas instaladas	93
5. Conclusiones y Recomendaciones	94
5.1. Conclusiones	94
5.2. Recomendaciones	95

Índice de Figuras

Figura 1	18
Figura 2	19
Figura 3	19
Figura 4	20
Figura 5	21
Figura 6	25
Figura 7	28
Figura 8	31
Figura 9	32
Figura 10	33
Figura 11	34
Figura 12	35
Figura 13	36
Figura 14	37
Figura 15	38
Figura 16	39
Figura 17	39
Figura 18	53
Figura 19	57
Figura 20	58
Figura 21	59
Figura 22	60
Figura 23	60
Figura 24	71
Figura 25	72
Figura 26	73
Figura 27	76
Figura 28	76
Figura 29	78

Figura 30	88
Figura 31	88
Figura 32	89
Figura 33	89

Índice de Tablas

Tabla 1	22
Tabla 2	26
Tabla 3	27
Tabla 4	29
Tabla 5	40
Tabla 6	41
Tabla 7	43
Tabla 8	45
Tabla 9	48
Tabla 10	49
Tabla 11	50
Tabla 12	51
Tabla 13	53
Tabla 14	54
Tabla 15	55
Tabla 16	56
Tabla 17	58
Tabla 18	61
Tabla 19	63
Tabla 20	64
Tabla 21	65
Tabla 22	66
Tabla 23	67
Tabla 24	68
Tabla 25	70
Tabla 26	71
Tabla 27	74
Tabla 28	75
Tabla 29	80
Tabla 30	81

Tabla 31	82
Tabla 32	83
Tabla 33	83
Tabla 34	85
Tabla 35	90
Tabla 36	93

Anexos

Anexo A	98
Anexo B	98
Anexo C	99
Anexo D	99
Anexo E	100
Anexo F	100
Anexo G	101
Anexo H	101
Anexo I	102
Anexo J	102
Anexo K	103
Anexo L	103
Anexo M	104
Anexo N	104
Anexo O	105
Anexo P	106
Anexo Q	106
Anexo R	107
Anexo S	107
Anexo T	108
Anexo U	108

RESUMEN

El presente proyecto consiste en la repotenciación del sistema eléctrico de la Escuela de Educación Básica, " Juan Amador" enfocado en diseñar e implementar un sistema de iluminación y fuerza que opere bajo voltaje. El objetivo principal es modernizar la infraestructura eléctrica para mejorar la seguridad, eficiencia y funcionalidad de los espacios educativos.

Para llevar a cabo este proyecto, se inició con un diagnóstico detallado de las instalaciones actuales, identificando las deficiencias en la distribución eléctrica y las necesidades específicas de cada área de la escuela. Con base en este análisis, se diseñó un sistema que cumple con los estándares de seguridad y eficiencia energética, incorporando tecnología de bajo consumo y materiales adecuados para un entorno educativo.

La implementación incluyó la instalación de nuevas líneas de fuerza y puntos de iluminación en aulas, pasillos y áreas comunes, utilizando cableado y componentes que garantizan la estabilidad y durabilidad del sistema. Además, se colocaron protecciones, sistemas de puestas a tierra y dispositivos de control para asegurar que el sistema funcione de manera óptima y segura.

Con esta repotenciación, se espera no solo mejorar la calidad de la iluminación y el suministro eléctrico, sino también crear un ambiente más seguro y confortable para estudiantes y docentes, promoviendo un entorno propicio para el aprendizaje.

Palabras Clave: instalación eléctrica, iluminación, sistemas de puesta a tierra.

ABSTRACT

The present project consists of the repowering of the electrical system of the Basic Education School, "Juan Amador" focused on designing and implementing a lighting and power system that operates under voltage. The main objective is to modernize the electrical infrastructure to improve the safety, efficiency and functionality of educational spaces.

To carry out this project, it began with a detailed diagnosis of the current facilities, identifying deficiencies in electrical distribution and the specific needs of each area of the school. Based on this analysis, a system was designed that meets safety and energy efficiency standards, incorporating low-consumption technology and materials suitable for an educational environment.

The implementation included the installation of new power lines and lighting points in classrooms, hallways and common areas, using wiring and components that guarantee the stability and durability of the system. In addition, protections, grounding systems and control devices were placed to ensure that the system works optimally and safely.

With this repowering, it is expected not only to improve the quality of lighting and electrical supply, but also to create a safer and more comfortable environment for students and teachers, promoting an environment conducive to learning.

Keywords: electrical installation, Lighting, Grounding systems.

CAPITULO I

1. Introducción

En presente proyecto, se abordará el diseño e implementación de un sistema integral de iluminación y fuerza en B.V en la Escuela de Educación Básica “JUAN AMADOR. Desde un enfoque de un sistema que respete los estándares de seguridad eléctrica y que sea energéticamente eficiente, al mismo tiempo que satisfaga las necesidades específicas de un entorno escolar. Por lo tanto, será necesaria una evaluación macro de la infraestructura preexistente, y la aplicación de soluciones tecnológicas modernas que permitan mejorar el consumo energético y la sostenibilidad de la escuela.

1.1. Planteamiento del problema

La Escuela de Educación Básica “JUAN AMADOR” ubicada en la parroquia de Tambillo, sector la Remonta, barrio Miraflores, provincia de Pichincha presenta problemas en el diseño de iluminación sistemas de puestas a tierra (SPA) y fuerza. Estos problemas incluyen frecuentes cortes de energía, cableado en mal estado, equipos eléctricos dañados y falta de mantenimiento preventivo. Estos problemas no sólo interfieren con las actividades educativas, sino que también crean riesgos de seguridad para estudiantes, profesores y administradores. Además, la falta de sistemas eléctricos confiables puede obstaculizar el uso de tecnología educativa moderna y afectar negativamente la calidad de la educación.

Abordar estos desafíos requiere una evaluación exhaustiva de la infraestructura energética actual, la identificación de áreas críticas que necesitan mejoras inmediatas y la implementación de un programa integral de mantenimiento y actualización. Abordar estos problemas es fundamental para garantizar un entorno de aprendizaje escolar seguro y funcional.

1.2. justificación

El presente proyecto tiene como objetivo la repotenciación del sistema de iluminación y fuerza en bajo voltaje (B.V) de la Escuela de Educación Básica “JUAN AMADOR, mejorando la calidad de sus instalaciones eléctricas, esto conlleva a obtener una mejora en el aprendizaje de los niños del sector, garantizando una mejor formación académica, mediante iluminación LED , con esto se puede obtener una mejor visualización de los espacios y sitios de aprendizaje, sin causar fatiga visual en los estudiantes, garantizando que cumplan la normativa vigente en el Ecuador como también la seguridad de los estudiantes, cuerpo docente, equipos electrónicos y eléctricos que se encuentran instalados en los circuitos.

1.3. Alcance

El alcance de este proyecto tiene como objetivo repotenciar el sistema de iluminación y fuerza interno en B.V en la Escuela de Educación Básica “JUAN AMADOR” esto conlleva a un análisis técnico previo de la situación actual, con el fin de rediseñar y repotenciar el sistema de iluminación y fuerza, mediante normativas vigentes actuales, garantizando el correcto funcionamiento y seguridad.

1.4. Objetivos General y Específicos

1.4.1. Objetivo general

Repotenciar el diseño de iluminación y fuerza interno en bajo voltaje (B.V) de la Escuela de Educación Básica “JUAN AMADOR” aplicado la normativa vigente NEC en el Ecuador con el objetivo de mejorar el aprendizaje y formación académica de los estudiantes y cuerpo docente del sector.

1.4.2. Objetivo Específicos

- Realizar el diagnostico completo del estado actual de las instalaciones eléctricas identificando las deficiencias y riesgos.
- Diseñar un proyecto de iluminación y fuerza en software DIALux.
- Elaborar un diseño eléctrico en software AutoCAD.
- Elaborar el presupuesto eléctrico para adquisición de materiales.
- Implementar y validar el funcionamiento del sistema de iluminación y fuerza.

CAPITULO II

2. Marco Teórico

2.1. Antecedentes

Diseño e implementación del sistema de iluminación y fuerza en bajo voltaje (b.v) de la Escuela de Educación Básica “Juan Amador”.

Según (Parra Martínez David Esteban, 2021) En el Ecuador las unidades educativas y centros de formación tienen el mismo régimen de suministro eléctrico que los edificios residenciales, lo que genera falta de iluminación y confort visual en los espacios de actividad académica de niños, jóvenes y adultos en la producción de sistemas eléctricos, la temperatura de color de las luminarias, la correcta ubicación, la altura, la disponibilidad de luz natural y otros factores que afectan al confort visual, Para ello se decidió instalar un sistema eléctrico completamente nuevo y funcional , incluyendo un diseño de iluminación que cumple con la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) y estándares internacionales. A partir del análisis se implementaron una serie de medidas, entre ellas la sustitución de luminarias con el fin de dar solución a la problemática actual, la sustitución del cableado eléctrico en mal estado y el rotulado de paneles principales y sistemas eléctricos en todas las áreas de la institución.

Según (Pallo et al., 2023) el ESFOT, perteneciente a la Escuela Politécnica Nacional no sólo el confort visual era insuficiente, sino que también resultó que los sistemas eléctricos de los grados 7, 8 y 9 no podían hacer frente al ritmo de vida actual de los estudiantes.

Los cambios tecnológicos significan que la infraestructura de las aulas no puede soportar las demandas continuas de energía de las computadoras portátiles, teléfonos móviles, proyectores y otros dispositivos eléctricos que se conectan a los enchufes todos los días. Por lo anterior, durante la realización de esta tesis se instalaron nuevos sistemas eléctricos en los grados 7°, 8° y 9°, así

como luminarias LED con suficiente eficiencia energética y confort visual para uso en el aula. necesidades, además de la instalación de nuevos cuadros eléctricos, lo que ayuda a que el sistema en su conjunto sea confiable, duradero y fácil de reparar o reconstruir.

Las instalaciones eléctricas internas deben cumplir con las normas vigentes para garantizar su calidad y confiabilidad. Las mejoras incluyen el diseño de iluminación y fuerza, que se realiza en softwares como DIALux y AutoCAD empleando así los cálculo de luxes establecidos en la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) correspondiente, donde se obtiene planos y esquemas unifilares de cada tablero eléctrico , protecciones y sistemas, obteniendo un resultado positivo en mejoras, como lo establece la normativa NEC en centros educativos con luminarias de tipo LED 2*18 con una potencia de 18W de 4030 lm, con una altura de 2.45 metros en cada aula, adicional se implementa tomacorrientes a una altura de 40 cm del piso y una separación de 6cm entre tomas, considerando también la altura de los tableros de distribución con una altura de 1.40 metros del piso (Pallo et al., 2023).

El problema de la institución se analizó utilizando métodos descriptivos y bibliográficos. Estos métodos permitieron entrevistar a las principales autoridades de la institución, lo que facilitó la evaluación del estado actual de las instalaciones eléctricas. Con base en diversas fuentes de información, se pudo diseñar en la parte técnica. Además, se desarrolló un modelo que describe cada sistema empleado, estableciendo su función y propósito (Gavilanes, 2019).

Para el desarrollo de este proyecto se utiliza la investigación sobre las bases teóricas y principales métodos de la industria eléctrica. A partir de un conocimiento básico de los principios eléctricos, es muy importante recordar algunas técnicas y conceptos eléctricos, nos referiremos a la Ley de Ohm y a las Leyes de Kirchhoff, que son fundamentales para comprender el funcionamiento de todos los componentes eléctricos (Gavilanes, 2019).

Las luminarias de la Escuela que son fluorescentes e incandescentes se están cambiando por luces LED. El sistema de iluminación a evaluar deberá estar diseñado para cumplir con la normativa de iluminación interior UNE-EN 12464-1 para garantizar un nivel mínimo de iluminación. Para el diseño y simulación del sistema de iluminación anterior se utiliza el software DIALux para modelar el sistema de iluminación y verificar el cumplimiento de las especificaciones y recomendaciones de la normativa aplicable (Gavilanes, 2019).

El análisis del consumo eléctrico se basa en el mapeo del consumo de luz led en función del tipo de luz y del número de luminarias. El tiempo de utilización de estos datos se obtiene calculando potencia, carga, factor de demanda y consumo de energía lumínica.

Los estudios también pueden verificar si los alcances son necesarios en función de la necesidad de recolección de datos espaciales y catastrales y divididos por entorno o bloques para el uso de software de simulación (Gavilanes, 2019).

2.2. Sistema de Iluminación

Un sistema de iluminación consta de diversos componentes diseñados para iluminar eficazmente un espacio, asegurando que la luz sea adecuada y suficiente sin exceder los límites del área iluminada. Este fenómeno puede pasar desapercibido en algunos casos porque sucede todos los días, pero sin este servicio es una tarea muy difícil, la sociedad depende directamente del medio ambiente y tiene un elemento que da luz, se puede decir que este servicio se clasifica como necesario y fundamental para varios para el desarrollo de factores sociales, por ejemplo: calidad, economía, modelo energético y está directamente relacionado con el bienestar y seguridad de la población (Gavilanes, 2019).

En las últimas décadas, la tecnología de la iluminación ha puesto grandes esperanzas en la introducción de nuevos dispositivos que proporcionen más luz a bajo coste, creando nuevos tipos de bombillas basadas en LED (Gavilanes, 2019).

2.2.1. Tipos de Sistemas de Iluminación

- Directa
- Semi-Directa
- General Difusa

2.2.1.1. Directa

La iluminación directa se caracteriza por proyectar la luz de manera directa desde la fuente luminosa hacia la zona u objeto a iluminar (como se muestra en la Figura 1), sin el uso de reflectores o difusores intermedios. Este tipo de iluminación es común en aplicaciones que requieren una gran cantidad de luz concentrada en un lugar específico, como escritorios de oficina, quirófanos, salas de lectura e iluminación de tareas (Arévalo & Fernando, 2021).

2.2.1.2. Semidirecta

La iluminación semidirecta es un tipo de iluminación en el que la mayor parte de la luz se dirige hacia abajo, sobre el área a iluminar, mientras que una pequeña porción de la luz se dirige hacia arriba o hacia los lados (se observa figura 1), rebotando en superficies como techos y paredes. Este método combina las ventajas de la iluminación directa e indirecta, proporcionando una iluminación más equilibrada y reduciendo las sombras marcadas (Arévalo & Fernando, 2021).

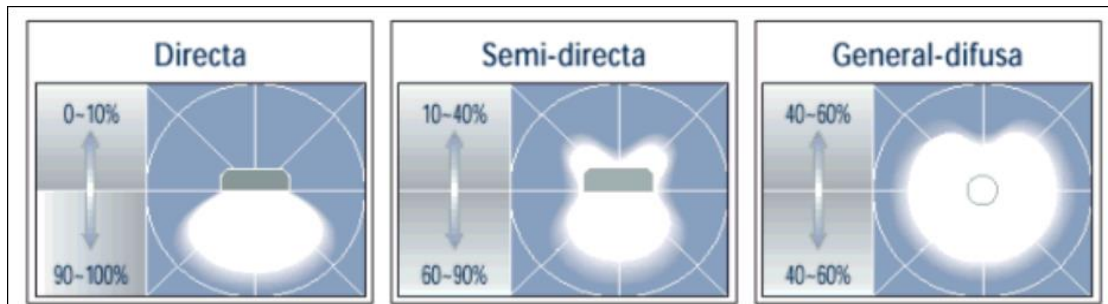
2.2.1.3. General Difusa

La iluminación general difusa se caracteriza por una distribución uniforme de la luz en todas las direcciones sin crear sombras fuertes ni zonas de alto contraste (se observa en la figura1).

Este tipo de iluminación se consigue mediante el uso de difusores, lámparas o reflectores que reparten la luz de manera uniforme (Arévalo & Fernando, 2021).

Figura 1

Tipos de Sistema de Iluminación



Nota: Sistemas de iluminación tipos (Parra Martinez David Esteban, 2021).

2.2.2. Tipos de luminarias

2.2.2.1. Lámpara LED

Cada tipo de lámpara tiene unas características específicas, y su uso dependerá de la evaluación de sus principales parámetros como: coste, vida útil, flujo luminoso, atenuación del flujo luminoso, etc.(Arévalo & Fernando, 2021).

Diodo emisor de luz o LED (diodo emisor de luz) es una fuente de luz que consta de un material semiconductor con dos terminales (como se observa en la figura 3-2). Es Diodo de unión "p-n" que emite luz cuando se enciende. Cuando se aplica el voltaje apropiado a los terminales, los electrones se recombinan con los agujeros en la región de unión p-n del dispositivo, liberando la región componente y liberando energía en forma de fotones. Este efecto se llama electroluminiscencia y el color de la luz producida (que depende de la energía del fotón emitido) (Arévalo & Fernando, 2021).

En la actualidad, los leds se destacan frente a las fuentes de luz incandescentes y fluorescentes tradicionales al ofrecer beneficios como un consumo energético significativo,

durabilidad, una mayor resistencia física, tamaño más pequeño y la capacidad de fabricar de una manera más precisa y controlada. Hay muchos colores diferentes en el espectro visible. Los LED multicolores requieren una velocidad de conmutación rápida (Parra Martinez David Esteban, 2021).

Figura 2

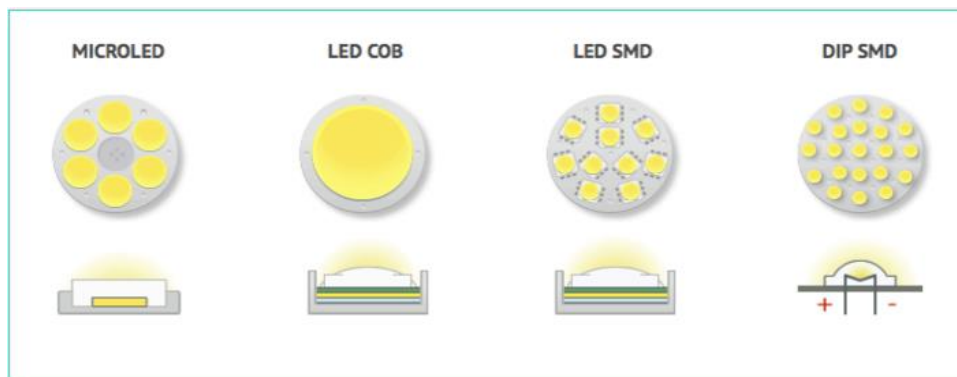
Características de diodos led.



Nota. Características Principales led (Jiménez et al., 2021).

Figura 3

Características de diodos led.



Nota. Características Principales led(Jiménez et al., 2021).

Basado en los cuatro tipos de LED mencionados anteriormente, se crea una estructura de variaciones de bombillas o accesorios LED para diferentes aplicaciones. Los flujos de luz

actualmente disponibles para cualquier tipo de luminaria o efecto de iluminación disponible en el mercado [se observa en la figura 4] (Gavilanes, 2019).

Figura 4

Escalas de temperaturas a nivel mundial.

CCT Nominal	Rango CCT
2700 K	2580 - 2870 K
3000 K	2870 - 3220 K
3500 K	3220 - 3710 K
4000 K	3710 - 4260 K
4500 K	4260 - 4746 K
5000 K	4745 - 5311 K
5700 K	5310 - 6020 K
6500 K	6020 - 7040 K

Nota. Características temperatura estándares mundiales (Jiménez et al., 2021).

2.2.2.2. Lámpara Fluorescentes

Las lámparas fluorescentes son fuentes de luz producidas por una descarga eléctrica en una atmósfera de vapor de mercurio a baja presión que contiene luz, misma que se produce mediante el fenómeno de la fluorescencia, (fluorescente). Este fenómeno es causado por ciertas sustancias ligeras, cuando se excita con la radiación ultravioleta del vapor de mercurio a baja presión, la sustancia cambia de luz el vapor de mercurio a baja presión convierte esta radiación invisible en radiación de una longitud de onda más larga, es decir, radiación con longitudes de onda más largas pertenecientes al espectro visible (Arévalo & Fernando, 2021).

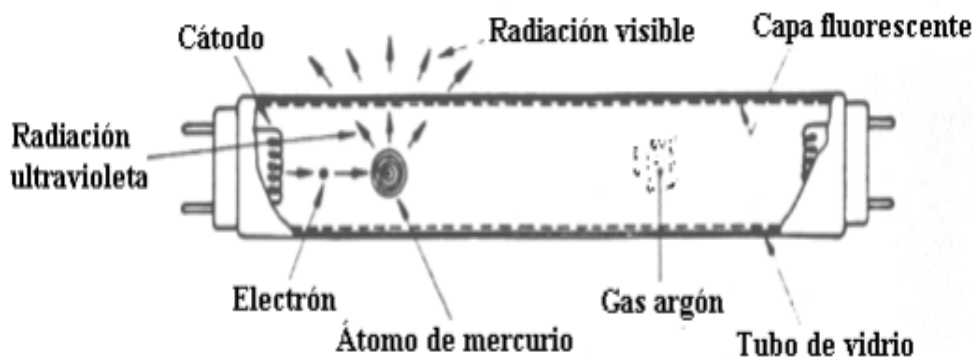
Las lámparas fluorescentes convencionales se componen de tubos de vidrio de un diámetro determinado y longitud, dependen del efecto recubiertos internamente con una capa de material fluorescente (se observa en la figura 5 y Tabla 1). La punta de este tubo es el cátodo de tungsteno, mismo que está impregnado con una pasta compuesta de óxidos alcalinos y sustancias alcalinas,

óxidos de metales alcalinotérreos que favorecen la emisión de electrones, también contiene un tubo lleno de argón a baja presión y una pequeña cantidad de mercurio (Arévalo & Fernando, 2021).

Los electrones así obtenidos chocan con los átomos de mercurio en el camino de un extremo al otro del tubo y generan energía, la colisión con átomos de mercurio convierte la energía liberada como resultado de la colisión en la energía liberada como resultado de la colisión se convierte en luz ultravioleta y, por tanto es invisible pero esto puede provocar que se forme una capa fluorescente en el interior del tubo, y los convierte en luz visible (Arévalo & Fernando, 2021).

Figura 5

Componentes de una lampara fluorescente.



Nota. Componentes internos de lampara fluorescentes(Jiménez et al., 2021).

Tabla 1

Tabla de general de iluminación valores.

	Eficacia (Lúmenes/W att)	Vida de la lámpara (horas)	Temperatura de color (Kelvin)	Índice de rendimiento de color	Tiempo de encendido (min)	Mantenimiento de flujo luminoso (%)	Capacidad para regular el flujo luminoso	Efectos de la temperatura	Costo inicial
Fluorescente compacta	60 - 75	10 000	2700 - 4100	82	0	83 - 87	Con balastro dimeable	A bajas temperaturas aumenta el tiempo de encendido	Regular
Fluorescente lineal T8	80 - 95	20 000	2700 - 4100	75 - 85	0	83 - 87	Con balastro dimeable	A bajas temperaturas aumenta el tiempo de encendido	Bajo
Fluorescente lineal T5HO	80 - 95	20 000	2700 - 4100	75 - 85	0	90 - 95	Con balastro dimeable	Salida completa a 35°C, a menores temperaturas se incrementa el tiempo de encendido	Regular
Inducción	60 - 75	100 000	3000 - 4000	80+	0	80	En desarrollo	Las bajas temperaturas hacen que disminuya le flujo luminoso	Muy alto
Aditivos metálicos	80 - 90	10 000 - 20 000	3000 - 4200	65 - 90	5 a 10	80 - 85	Si, pero muy caro	Ninguno	Alto
Sodio alta presión	90 - 105	24 000	1900 - 2100	21 - 85	< 5	88 - 92	No	Ninguno	Alto
Sodio baja presión	100 - 160	16 000	1800	muy pobre	7 a 15	100	No	Ninguno	Regular
Vapor de mercurio	35 - 55	24 000	4000 - 5900	20 - 45	< 10	60 - 65	No	Ninguno	Regular
LED	Varia de acuerdo al color	100 000	Varia de acuerdo al color	Varia de acuerdo al color	0		Con Fuente variable	Las altas o bajas temperaturas ocasionan que aumente la depreciación de flujo luminoso y disminuya su tiempo de vida	Alto
Halógena	18 - 22	2000 - 4000	2800 - 3100	100	0	93 - 97	Con dimmer	Ninguno	Bajo
Incandescente	15 - 18	1000	2700 - 3000	100	0	83 - 87	Con dimmer	Ninguno	Bajo

Nota. Comparativo de fuentes luminosa (Arévalo & Fernando, 2021).

2.2.3. Fórmulas para el cálculo manual de sistemas de iluminación

1. El Método Lumen, también denominado Sistema Universal o Método de Utilización, es una herramienta eficiente y accesible para determinar el nivel lumínico promedio en un sistema de iluminación general. Este método proporciona una estimación precisa de los medios de iluminación con un margen de error de $\pm 5\%$, permitiendo así una evaluación bastante exacta de los requisitos de iluminación en diversos entornos. (Jiménez et al., 2021).
2. Método punto por punto (o iluminación puntual): utilice este método si desea conocer el valor de iluminación en un punto específico. En este caso, el método que desea utilizar es

el método Lumen para conseguir una iluminación general y uniforme de una estancia concreta. Además, gracias a este método, después de montar un cuadrado o sección, podrás saber cuántas luminarias se necesitan y cómo se deben colocar en la habitación (Jiménez et al., 2021).

$$\Phi T = \frac{Em. S}{Cu. Cm} \quad (\text{Ec. 1})$$

Donde:

- ΦT = flujo luminoso requerido en una determinada habitación o zona en lúmenes
- Em = nivel de iluminación promedio en lux.
- S = superficie iluminada en metros cuadrados. Este flujo luminoso se ve afectado por el factor de utilización (Cu) y el factor de mantenimiento (Cm).
- Cu = El factor de utilización es una medida que expresa la proporción entre el flujo luminoso que llega al objeto y el flujo luminoso total emitido por la fuente de luz. Este valor, proporcionado por el fabricante.
- Cm = factor de mantenimiento, este es un coeficiente que indica el nivel de mantenimiento de las lámparas.

2.2.3.1. Cálculo de número de Luminarias

$$NL = \frac{T \Phi}{n * \Phi L} \quad (\text{Ec. 2})$$

Dónde:

- NL = número de accesorios
- ΦT = flujo luminoso total requerido en una zona o habitación
- ΦL = flujo luminoso de la lámpara (tomado del catálogo)
- n = número de lámparas en las luminarias

El objetivo de este método es calcular la iluminación media en una habitación iluminada por iluminación general. Este método resulta extremadamente práctico y sencillo de utilizar, lo que lo hace muy popular en la iluminación interior. En la mayoría de los casos, la precisión requerida en estos entornos no es excesivamente alta.

2.2.3.2. Cálculo Flujo Luminoso

Para calcular el flujo luminoso total requerido (ΦT) en un espacio, hay que seguir una serie de pasos que garanticen un resultado eficiente. Primero, se deben recopilar datos como las dimensiones de la habitación (largo, ancho y altura) y la altura del área de trabajo; luego, se establece el nivel deseado de iluminación (E_m) y se elige el tipo de lámpara más apropiado.

A continuación, se selecciona una luminaria de un catálogo y se determina su altura de instalación. Es esencial analizar el uso de la luz (C_u), considerando la reflectancia del fabricante y el índice de la habitación. También se debe tener en cuenta el factor de mantenimiento (C_m) según el tipo de espacio.

Una vez que se ha calculado la cantidad necesaria de luminarias, es clave organizarlas de forma efectiva para optimizar su rendimiento. Finalmente, se debe comprobar que el nivel de iluminación promedio supere el mínimo requerido, garantizando así un ambiente adecuado.

Si se quiere conocer el flujo lumínico necesario para la colocación de la luminaria, es importante analizar primero el espacio del aula. Su forma y acabado tienen un impacto significativo en cómo se refleja la luz en un espacio determinado (Jiménez et al., 2021).

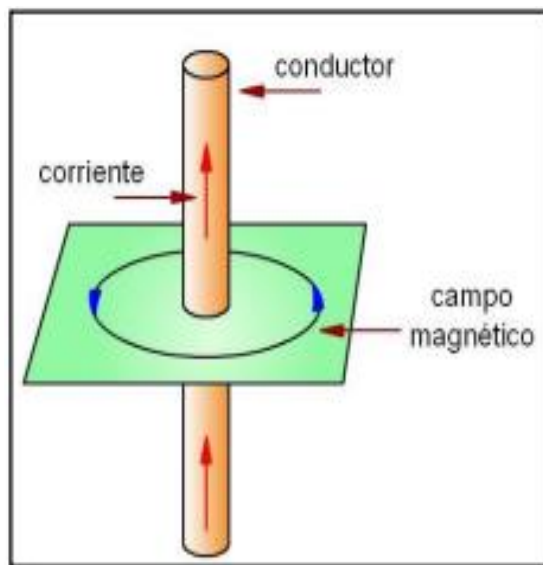
2.2.4. Conductores eléctricos.

Los conductores eléctricos son materiales que pueden transportar una corriente eléctrica a través de la cual los electrones generan un campo magnético alrededor de los conductores (se

observa figura 6). Campo magnético que se produce cuando una corriente eléctrica fluye a través de un conductor eléctrico (Solís, 2022).

Figura 6

Campo magnético conductor.



Nota. Campos magnéticos en conductores(Solís, 2022).

2.2.4.1. Semiconductor

Los materiales semiconductores constituyen un grupo particular de elementos que presentan características únicas, ubicándose entre los materiales aislantes y los conductores. Generalmente, los semiconductores cuentan con cuatro electrones en la capa de valencia más externa. Se pueden dividir en dos categorías principales: los semiconductores monocristalinos, que poseen estructuras cristalinas uniformes, y los compuestos que combinan dos o más materiales con distintas estructuras atómicas. Ejemplos de estos incluyen el arseniuro (As_3) y el silicio (Si), así como el arseniuro de galio (GaAs) y el sulfuro de cadmio (CdS), etc.(Solís, 2022).

2.2.4.2. Aislantes

Los materiales aislantes son materiales que impiden que la corriente eléctrica fluya hacia otros lugares, evitando así fallos de funcionamiento y condiciones no deseadas, previene errores y descargas no deseadas a través de conductores que transportan energía eléctrica. Un aislante eléctrico es un material en el que los electrones están firmemente ligados a los átomos y no tienen la capacidad de moverse libremente. Además, los aislantes eléctricos tienen más de cuatro electrones en su último orbital, por lo que es necesario aplicar un voltaje mayor para permitir que los electrones se muevan libremente a través del material (Serway et al., 2009).

Se debe aplicar un voltaje más alto para detectar niveles de corriente medibles. (La tabla 2-3 muestra) el esfuerzo requerido para transportar corriente eléctrica a través de estos materiales, se mide en kilovoltios por centímetro (kV/cm) aplicados a cada material (Solís, 2022).

Tabla 2

Materiales aislantes.

MATERIAL	ESFUERZOS PROMEDIOS DE RUPTURA (kV/cm)
Aire	30
Porcelana	70
Aceites	140
Baquelita	150
Caucho	270
Papel (recubierto de parafina)	500
Teflón	600
Vidrio	900
Mica	2000

Nota. Materiales aislantes resistentes (Solís, 2022).

Tabla 3

Materiales aislantes.

Tipo de aislamiento	Característica
T (Thermoplastic)	PVC, PE, PCP
H (Heat resistant)	Resistente al calor hasta 75 °C
HH (Heat resistant)	Resistente al calor hasta 90 °C
W (Water resistant)	Resistente al agua y a la humedad
LS (Low smoke)	Baja emisión de humos y bajo contenido de gases contaminantes
SPT (Service parallel thermoplastic)	Cable tipo paralelo flexible o dúplex con aislamiento termoplástico

Nota. Materiales aislantes resistentes (Solís, 2022).

2.2.4.3. Aislamiento de conductores

Un aislante eléctrico es un material que impide el paso de la electricidad, lo que significa que su capacidad para conducir corriente es bastante limitada. En la Figura 7, se presenta un ejemplo de un aislante utilizado para separar conductores eléctricos. Este tipo de material no solo asegura la correcta separación entre los conductores, sino que también contribuye a la seguridad de las conexiones dentro del sistema eléctrico, ya que una alta tensión puede dar lugar a descargas peligrosas.(Solís, 2022).

2.2.4.4. Análisis de Conductores según sus Niveles de Voltaje

2.2.4.4.1. Bajo voltaje hasta 750 V

Adecuado para una variedad de aplicaciones y disponible con recubrimientos termoplásticos y termoestables. Están diseñados y fabricados según estándares uniformes (Solís, 2022).

2.2.4.4.2. Baja tensión hasta 1000 V

(También conocida como 0,6/1 kV). Los cables mencionados en este apartado se utilizan en cableado industrial en diversos ámbitos (industria en general, instalaciones públicas, infraestructuras, etc.). Están diseñados según normas internacionales (UNE, IEC, BS, UL)(Solís, 2022).

2.2.4.4.3 Media tensión: 1 kV a 36 kV

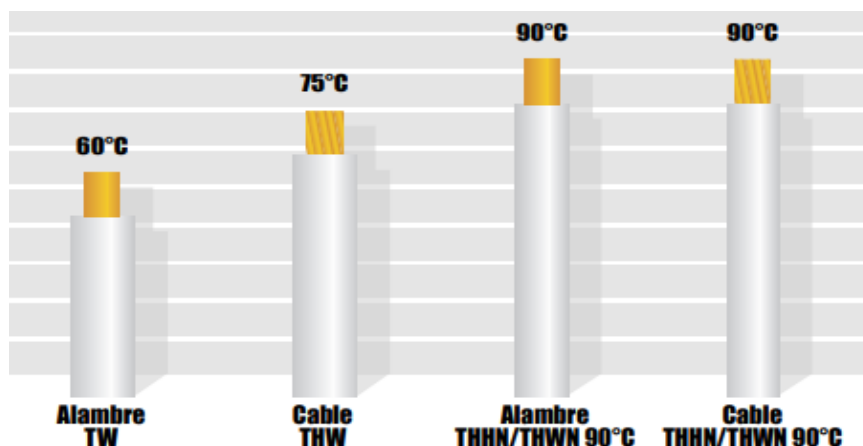
Se utiliza para distribuir energía de una subestación a otra (Solís, 2022).

2.2.4.4.4 Alta tensión: superior a 36 Kv

Se utiliza para transportar electricidad desde las centrales eléctricas a las subestaciones (Solís, 2022).

Figura 7

Conductores THHN, THWN.



Nota. Conductores eléctricos (Solís, 2022).

La capacidad de carga de corriente es una de las principales ventajas de los conductores THHN/THWN destacan por su alta capacidad de carga de corriente, lo que los convierte en una opción preferida. Estos cables cuentan con un aislamiento de termoplástico que soporta temperaturas de hasta 90°C, además de ser resistentes a la humedad y a ciertos productos químicos.

En cambio, los cables TW, aunque también tienen un aislamiento de termoplástico, no resisten el calor de la misma manera que los THHN/THWN. Por su parte, los cables THW también tienen un aislamiento similar y son impermeables, pero su capacidad de carga de corriente es inferior en comparación al resto de cables. La habilidad de los THHN/THWN para funcionar a temperaturas más elevadas les permite disipar mejor el calor generado por la electricidad, lo que facilita el transporte de una mayor cantidad de corriente sin riesgo de sobrecalentamiento. Además, su aislamiento superior proporciona una protección más eficaz, contribuyendo a su capacidad de carga, como (se muestra en la siguiente Tabla 4)(Solís, 2022).

Tabla 4

Calibres de conductores eléctricos.

ALAMBRES Y CABLES THHN/THWN 90° C							
Calibre AWG o kcmil	No. Hilos	Clase Cableado	Diámetro Conductor (mm)	Espesor Aislamiento (mm)	Espesor Cubierta Nylon (mm)	Diámetro Sobre Cubierta (mm)	Peso Total Aprox (kg/km)
14	1	Sólido	1,63	0,38	0,10	2,73	24
12	1	Sólido	2,05	0,38	0,10	3,15	35
10	1	Sólido	2,59	0,51	0,10	3,95	56
8	1	Sólido	3,26	0,76	0,13	5,19	92
14	19	C	1,75	0,38	0,10	2,85	24
12	19	C	2,21	0,38	0,10	3,31	37
10	19	C	2,78	0,51	0,10	4,14	58
8	7	B	3,59	0,76	0,13	5,52	97
6	7	B	4,52	0,76	0,13	6,45	146
4	7	B	5,71	1,02	0,15	8,22	234
2	7	B	7,20	1,02	0,15	9,71	358
1	19	B	7,90	1,27	0,18	11,00	452
1/0	19	B	8,88	1,27	0,18	11,98	560
2/0	19	B	9,96	1,27	0,18	13,07	695
3/0	19	B	11,19	1,27	0,18	14,29	864
4/0	19	B	12,56	1,27	0,18	15,66	1077
250	37	B	14,18	1,52	0,20	17,87	1286
300	37	B	15,52	1,52	0,20	19,22	1529
350	37	B	16,78	1,52	0,20	20,48	1770
400	37	B	17,94	1,52	0,20	21,63	2011
500	37	B	20,04	1,52	0,20	23,74	2491

Nota. Calibres y Capacidad de conductores (Solís, 2022)

2.2.5. Protecciones contra sobre corrientes

Los dispositivos de protección contra sobre corriente están diseñados para proteger los circuitos y los equipos conectados de daños causados por una corriente excesiva. Estas precauciones de seguridad son esenciales para evitar incendios, daños al equipo y la seguridad personal. Los tipos más comunes de protección contra sobre corriente se describen a continuación (Parra Martinez David Esteban, 2021).

- Fusibles.
- Disyuntores termomagnéticos.

Cabe señalar que cualquier componente puede fallar y el funcionamiento del sistema eléctrico sin la protección adecuada es impensable. Debido a condiciones anormales, las amplitudes de voltaje, corriente y frecuencia pueden diferir de los valores permitidos. Por tanto, un cortocircuito implica un aumento importante de corriente, así como una gran caída de voltaje (Figuera & Guerrero, 2023).

Todas las instalaciones eléctricas deben estar equipadas con dispositivos de protección para minimizar los efectos de cortocircuitos o sobrecargas. Por este motivo, el dispositivo de protección debe diseñarse adecuadamente según las características del circuito (Figuera & Guerrero, 2023).

2.2.5.1. Funcionamiento de fusibles

Todos los equipos de protección por sobre corrientes son primordiales; el fusible desempeña un papel importante en la electricidad, la seguridad de los sistemas eléctricos y las personas. Es un dispositivo de protección que evita daños en los circuitos eléctricos al interrumpir el flujo de corriente cuando esta supera un nivel seguro, lo que podría suceder por un cortocircuito o una sobrecarga. Cuando la corriente excede la capacidad del fusible, este se funde, cortando el circuito y deteniendo el paso de electricidad, este mecanismo previene el sobrecalentamiento el

daño de los equipos, protege a las personas, y disminuye el riesgo de incendios. El fusible actúa como una barrera de seguridad, su función es vital para prevenir accidentes y proteger las instalaciones eléctricas. Por lo tanto es esencial en el diseño y mantenimiento de sistemas eléctricos.(Figuera & Guerrero, 2023).

Figura 8

Componentes de fusibles.



Nota. Material fabricación de fusibles (Figuera & Guerrero, 2023)..

2.2.5.2. Disyuntores Termomagnéticos (Protecciones)

A menudo llamados disyuntores, son un dispositivo de protección cuyas funciones principales son:

- Desconecte o conecte circuitos en condiciones normales de funcionamiento. Circuito abierto en caso de fallo (sobrecarga o cortocircuito).
- Una protección termomagnética es un interruptor que abre un circuito, cuyo funcionamiento en caso de avería está provocado por dos tipos de componentes:

2.2.5.3. Elementos térmicos

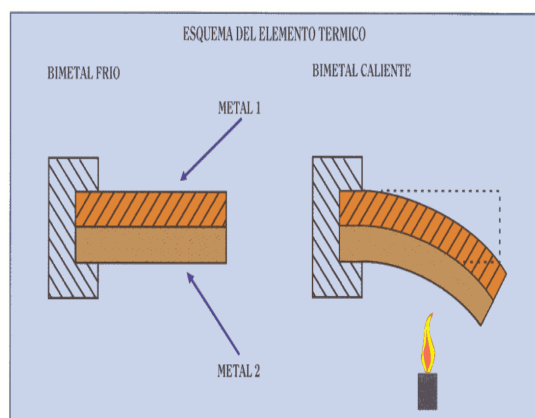
Este dispositivo de protección consiste en una pieza de bimetetal que se expande con el calor generado por la sobre corriente, provocando que el mecanismo de apertura del disyuntor dispare el circuito, (como se muestra en la Figura 9).

El bimetetal está hecho de dos piezas diferentes de metal que se expanden de diferentes maneras. Cuando se unen, las piezas se doblan porque un metal se estira proporcionalmente menos que el otro. Ajuste la curvatura del bimetetal para que sea proporcional a la corriente que fluye a través del circuito. Cuando la corriente excede el valor permitido, la curvatura alcanza el punto extremo, activa el mecanismo de liberación, libera el disyuntor para que se dispare (abre) y evita la sobrecarga. La protección térmica está especialmente diseñada contra sobrecargas, ya que el calentamiento de la tira bimetálica corresponde al calentamiento de los conductores del circuito.

Esta protección no es inmediata, sino que tarda un tiempo en surtir efecto, por lo que se define como un tipo de retraso.

Figura 9

Esquema de elemento térmico.



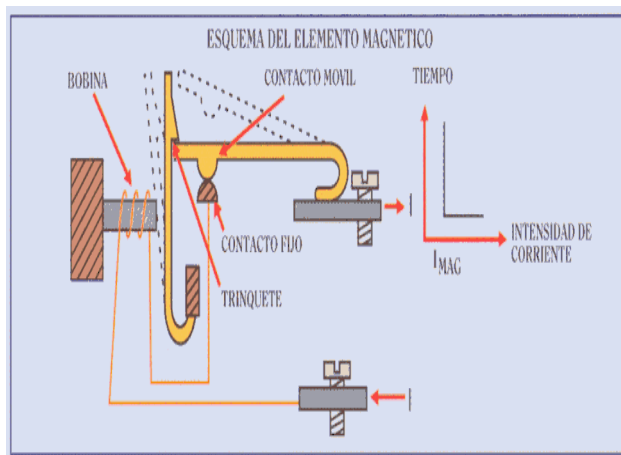
Nota. Elemento térmico (Figuera & Guerrero, 2023).

2.2.5.4. Elementos Magnético

Esta parte de la protección consta de una bobina, una gran cantidad de conductores giran alrededor de un núcleo magnético, que produce un efecto magnético cuando la corriente fluye a través de él. Esta bobina está conectada en serie con el circuito protegido. Cuando la corriente alcanza valores muy altos (el doble o más de la corriente nominal del protector), el magnetismo resultante atrae los contactos en movimiento e inicia la apertura de los contactos. Esto sucede de forma prácticamente instantánea, (como se muestra en la Figura 10), que muestra la curva de funcionamiento del elemento magnético (Figuera & Guerrero, 2023).

Figura 10

Esquema de elemento térmico.



Nota. Componentes internos termomagnéticos (Figuera & Guerrero, 2023).

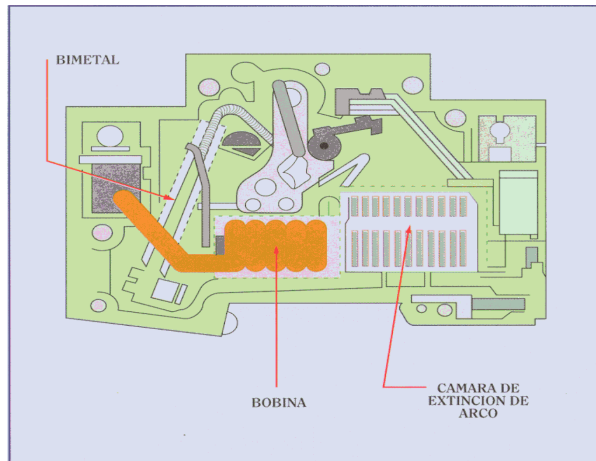
- Bloque térmico: Placa bimetálica que protege contra sobrecargas.
- Dispositivo magnético: bobina para evitar cortocircuitos.
- Cámara de extinción de arco: El disyuntor está equipado con un dispositivo para extinguir el arco que se produce durante un cortocircuito.

Aunque los contactos de los interruptores están físicamente separados, la formación de arcos es un fenómeno que evita que la corriente eléctrica se corte porque la corriente pasa a través

del aire ionizado entre los contactos y actúa como un rayo en miniatura. Por lo tanto, para que este contacto rompa el circuito de manera efectiva, el disyuntor está equipado con una cámara de extinción de arco, (como se muestra en la Figura 11) en la imagen (Figuera & Guerrero, 2023).

Figura 11

Componentes de un termo magnético.



Nota. Componentes internos termomagnéticos (Figuera & Guerrero, 2023).

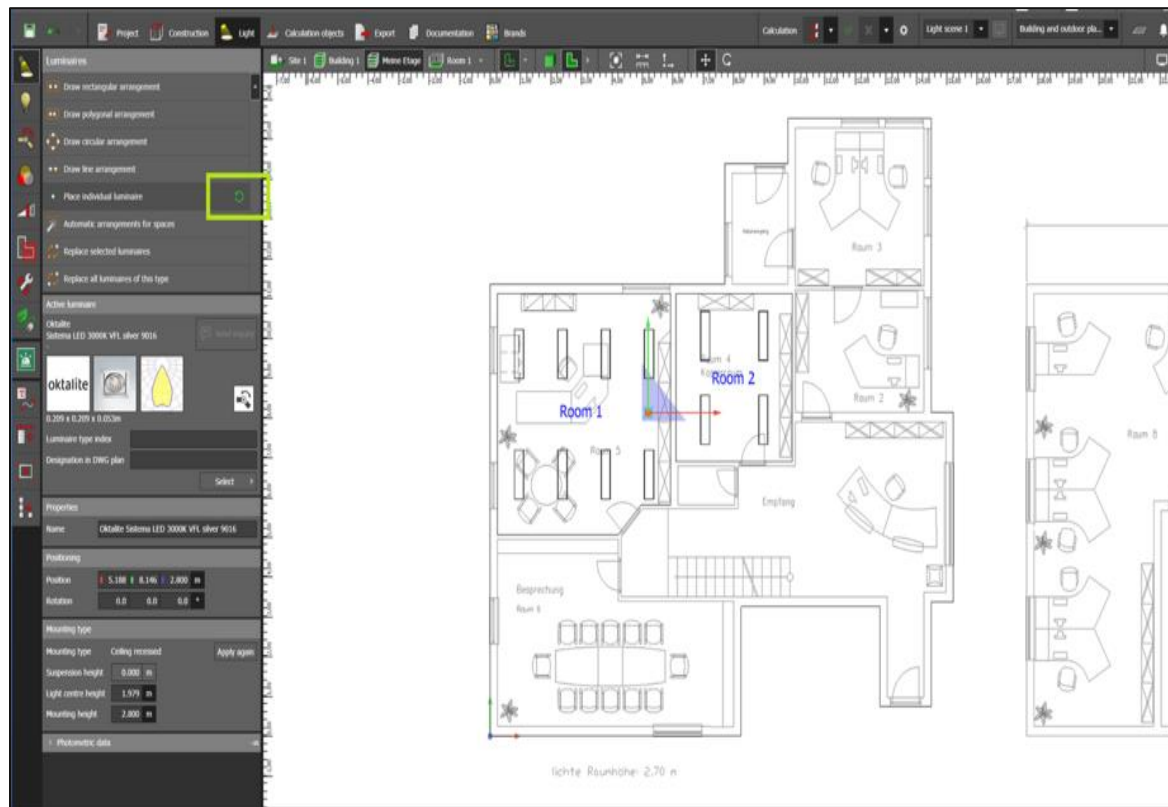
2.2.6. Software de simulación de iluminación (DIALux)

El software Dialux es un programa gratuito que permite diseñar instalaciones de iluminación interior y exterior, está basado en el software de diseño gráfico AUTOCAD, facilitando el proceso de diseño. Dialux ofrece la posibilidad de cargar el proyecto de construcción y luego proceder a la misma, e implementación de la instalación de iluminación (Muñoz-Muñoz et al., 2020).

Otros usos principales de Dialux son que permite visualizar en figuras tridimensionales, gráficas polares de distribución lumínica, las luminarias utilizadas, representar gráficamente los niveles de iluminación en edificios mediante colores y líneas, y también permite calcular niveles de deslumbramiento (se observa en la figura 12) etc. (Muñoz-Muñoz et al., 2020).

Figura 12

Software de simulación de iluminación.

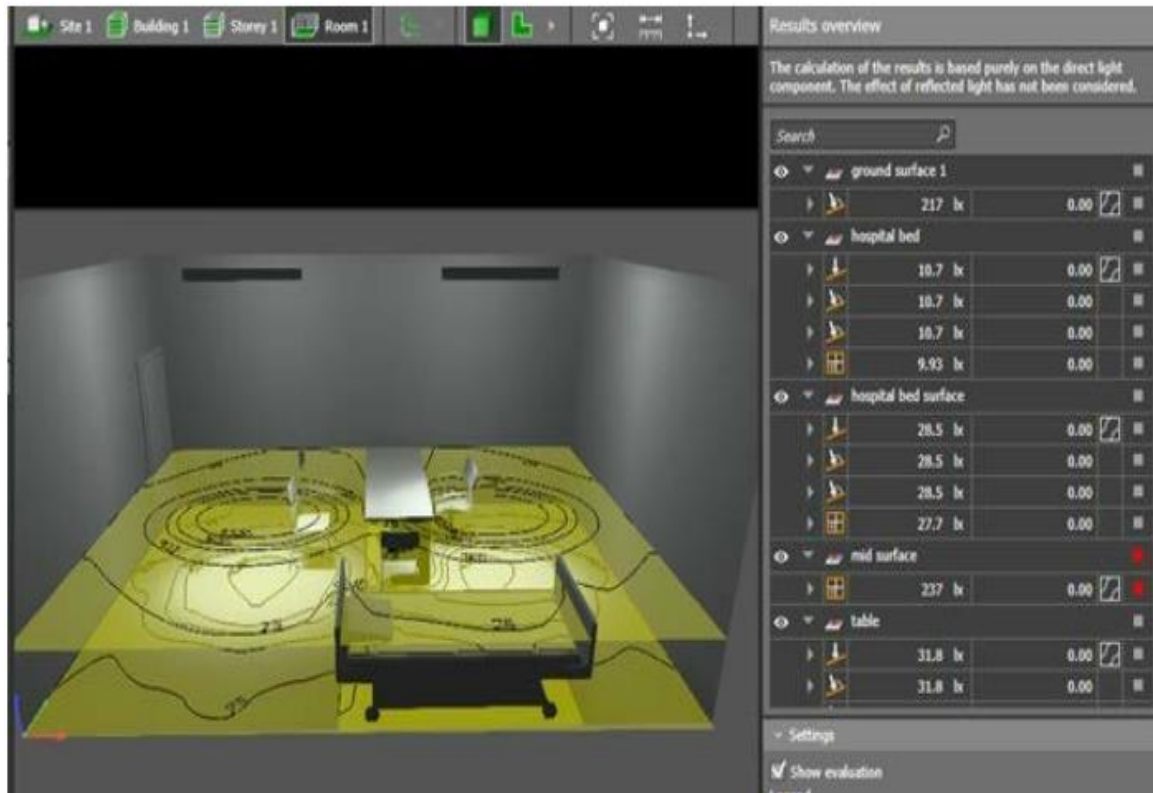


Nota. Diseño de iluminaciones (Muñoz-Muñoz et al., 2020).

Después de probar varios métodos de cálculo alternativos, se optó por la captura de fotones, que se basa en la distribución de la luz en una superficie. Los fotones se emiten o dispersan desde estas superficies, dependiendo de las características del material, este proceso implica la recolección de fotones que se transmiten o absorben al tocar la superficie, lo que permite realizar una evaluación. Se analiza tanto el número de fotones sobre cada superficie como su energía, lo que contribuye a determinar el nivel de luminancia o iluminación presente, la principal ventaja de este enfoque es que proporciona una representación aproximada de cómo se propaga la luz en el entorno real. (se observa en la figura 13), es fácil establecer paralelos en este proceso (Muñoz-Muñoz et al., 2020).

Figura 13

Software de simulación de iluminación.



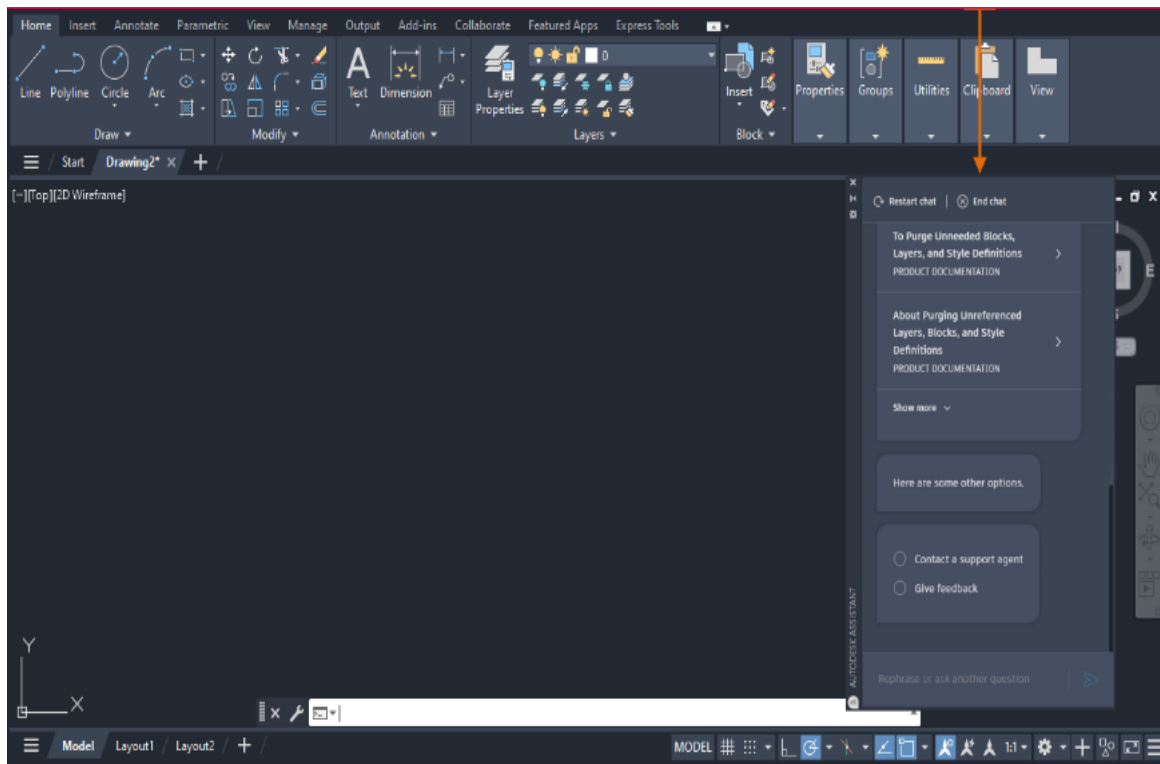
Nota. Cálculo de lux iluminación (Muñoz-Muñoz et al., 2020).

2.2.6.1. Software de diseño asistido por computadora (AutoCAD)

El software de diseño AutoCAD crea y edita geometría 2D profesional y modelos 3D que contienen sólidos, superficies y objetos. Es uno de los softwares más reconocidos a nivel internacional debido a las amplias opciones de edición que se pueden encontrar. Por tanto, es un programa muy utilizado entre arquitectos, ingenieros y diseñadores industriales. Actualmente, el software es desarrollado y vendido por Autodesk, líder en software de entretenimiento, ingeniería y diseño 3D. Autodesk, una empresa multinacional, se fundó en 1982 para distribuir software a las industrias de fabricación, construcción y medios, entre otras (se observa en la figura 14)(Wei, 2020).

Figura 14

Software de diseño en AutoCAD.



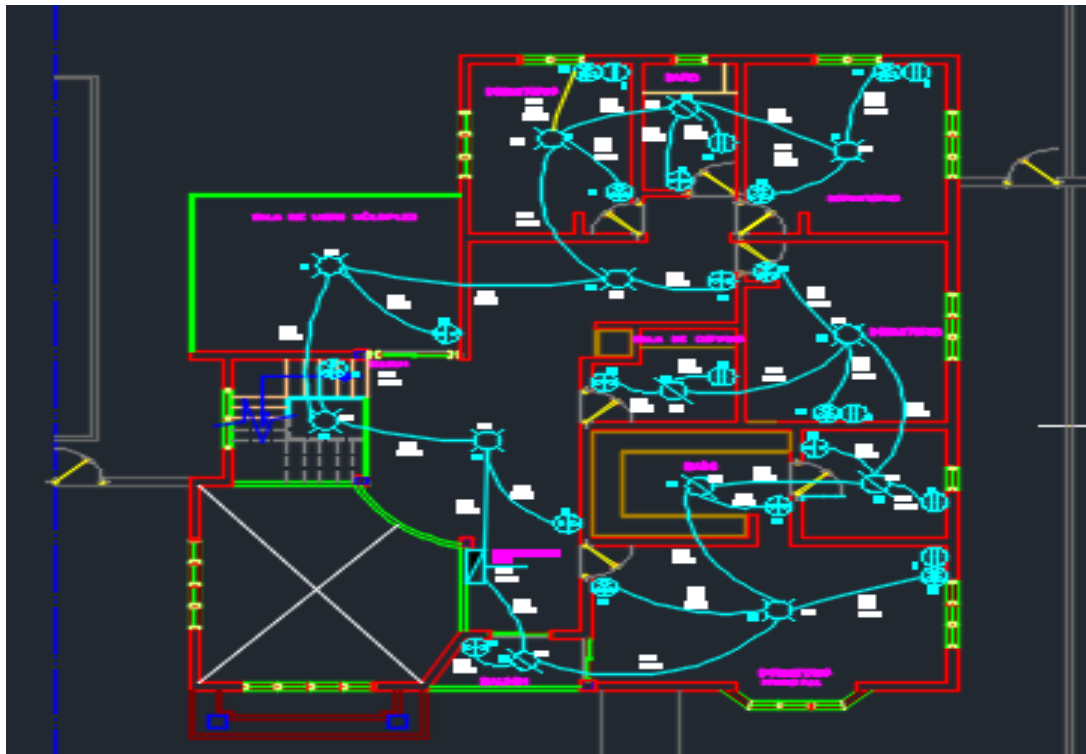
Nota. Pantalla de diseño comandos (Wei, 2020).

2.2.6.2. Software de diseño planos (AutoCAD)

El plano de construcción se debe dibujar a mano alzada a modo de boceto para colocar las medidas en cada estancia. Estas medidas se denominan dimensiones, que luego se convertirán en las proporciones de todo el plano de planta, porque un plano de planta con medidas reales no se puede proporcionar con una hoja de bloque tradicional, y para ello necesitamos insertar el tamaño real reducido al tamaño de la tabla de bloques, aquí usamos una escala (se observa en figura 20).

Figura 15

Ejemplo de plano residencial.



Nota. Plano residencial AutoCAD (Wei, 2020).

2.2.6.3. Simbología y esquemas eléctricos básicos (AutoCAD)

Los símbolos gráficos de esta norma deben usarse junto con otros equipos, plantas o símbolos de circuitos para indicar la naturaleza de la corriente, la forma en que están conectados los devanados o la clase de los devanados, o líneas para indicar la naturaleza de la corriente, el método de conexión de los devanados o la clase del sistema de distribución. Además, estos símbolos se utilizan a menudo en las placas de identificación de motores y equipos (Wei, 2020).

A continuación, se presenta la simbología utilizada en el diseño del cableado interno, de acuerdo con la norma IEC 60617, que se ilustra en la (Tabla 5-6). En caso que no exista un símbolo específico para un dispositivo o diseño particular en esta colección, es posible desarrollar una representación adecuada utilizando los símbolos disponibles en este documento.(Wei, 2020).

Figura 16

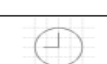
Simbología normativa NEC-IEC

Símbolo	Denominación	Símbolo	Denominación
	Circuito de Iluminación (grosor de la línea 0.5)		Circuito de Tomacorrientes (0.5)
	Circuito de Tomas Especiales (0.7)		Circuito de Puesta a tierra
	Punto de luz		Interruptor simple, símbolo general
	Interruptor simple con luz piloto		Interruptor doble
	Interruptor triple		Conmutador simple

Nota. Simbología eléctrica (Wei, 2020).

Figura 17

Simbología normativa NEC-IEC.

	Conmutador doble		Interruptor simple de 2 vías
	Conmutador intermedio		Tomacorriente doble monofásico
	Tomacorriente doble monofásico con puesta a tierra		Tomacorriente doble monofásico de piso
Símbolo	Denominación	Símbolo	Denominación
	Tomacorriente trifásico		Tomacorriente trifásico de piso
	Tomacorriente (telecomunicaciones), TP = teléfono FX = telefax M = micrófono FM = modulación de frecuencia TV = televisión TX = telex AP = altoparlante		Medidor de Factor de Potencia
	Reloj		Amperímetro
	Vatímetro		Voltímetro
	Tablero de distribución principal		Tablero de distribución secundario

Nota. Simbología eléctrica residencial (Wei, 2020).

2.2.7. Normativa Ecuatoriana de la construcción (NEC)

La NEC es una normativa de cumplimiento obligatorio en todo el país y debe ser considerada en todos los procesos constructivos, tal como establece la Disposición General Décimo Quinta del Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD). Esta normativa no solo busca garantizar la calidad de vida de los ecuatorianos, sino también fomentar una cultura de seguridad y prevención, se define los principios básicos para el diseño sismo-resistente de las estructuras, estableciendo parámetros mínimos de seguridad y calidad en las edificaciones. Además, de mejorar los mecanismos de control y gestionar el mantenimiento en los procesos constructivos, promoviendo un uso más eficiente de la energía en las edificaciones. También se asegura de que se cumplan los principios básicos de habitabilidad y salud, y fija las responsabilidades, obligaciones y derechos de todos los involucrados en la construcción, considerando que la demanda máxima para diferentes cargas muchas veces difiere del efecto panel, se determinó un factor de demanda que depende del tipo de vivienda por área de piso (se observa en la tabla 7) (Miranda, 2020).

Tabla 5

Clasificación de áreas viviendas para circuitos mínimos.

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

Nota. Área de construcción mínima de circuitos (Miranda, 2020).

Tabla 6

Tabla descriptiva de los conductores

Categoría	Consideración	N° Máximo	Detalle	Calibre de Conductor	Protecciones
Circuitos de Fuerza	Los circuitos de tomacorrientes deben ser diseñados teniendo en cuenta salidas polarizadas (fase, neutro y tierra)	10	(FASE, NEUTRO, TIERRA)	AWG (#12)	20A
Circuitos de Iluminación	Los circuitos de iluminación deben ser diseñados para alimentar una carga máxima de 15 A y no exceder de 15 pts. de iluminación.	15	(FASE, NEUTRO, TIERRA, RETORNOS)	AWG (#14)	15-16 A
Cargas Especiales	Los circuitos para cargas especiales tales como cocina eléctrica, vehículos eléctricos, calefacción, aire acondicionado, ducha eléctrica, equipos hidroneumáticos, ascensores, etc.	1	(FASE, NEUTRO, TIERRA)	AWG (#10)	32 A
Tableros de distribución Principal	El calibre mínimo recomendado para un alimentador, desde el medidor hasta el tablero de distribución único, debe ser el No. 6 AWG de cobre aislado tipo THHN.	(2 Fases+ 1 Neutro+ 1 Tierra)	(FASE, NEUTRO, TIERRA)	AWG (#6)	50 A
Código de Colores	NEUTRO(Blanco) TIERRA (Verde, Amarillo con franja amarilla) FASE (Rojos, Negros, Azul).				
Sistemas de puesta a TIERRA (SPA)	El conductor de puesta a tierra debe ser de cobre, solido o cableado, aislado			No. 8 AWG - No. 2 AWG - No. 6 AWG No. 1 AWG hasta 1/0 AWG No. 4 AWG No. 2/0 AWG hasta 3/0 AWG	

Nota. Calibres de conductores áreas donde se utilizará (Miranda, 2020).

2.2.7.1. Circuitos de iluminación

Los circuitos de iluminación deben diseñarse para proporcionar una carga máxima de 15 amperios y no más de 15 puntos de luz, el tamaño del cable neutro debe ser igual al tamaño del cable de fase. En los circuitos de iluminación se deben utilizar cables de cobre aislados del tipo THHN con una sección mínima de 2,5 mm, sección transversal mínima 2,5 mm² (14 AWG) para cables fase, neutros y de tierra (Miranda, 2020).

2.2.7.2. Circuitos de Fuerza

El cable neutro debe tener el mismo grosor que el cable de fase conductores de cobre tipo THHN aislados en circuitos colectores sección mínima 4 mm (12 AWG) para cables fase y neutros, el tamaño del conductor de puesta a tierra se determina de acuerdo con la normativa (Miranda, 2020).

2.2.7.3. Sistemas de puesta a tierra

Los sistemas de circuitos y conductores se conectan a tierra para proteger al personal de posibles contactos directos con los equipos y circuitos. Esta conexión a tierra garantiza que, en caso de falla, las personas estén protegidas frente a diferencias de potencial que podrían superar los límites de tolerancia humana. Cuando ocurre un error, el sistema de puesta a tierra cumple con los siguientes propósitos:

- La seguridad de las personas y equipos electrónicos,
- Para proteger circuitos e instalaciones,
- Crear circuitos de avería que permitan desactivar los dispositivos interruptores y evitar interferencias electromagnéticas.
- Crear circuitos de falla para desconectar los dispositivos perturbadores y evitar interferencias electromagnéticas en equipos electrónicos.

La instalación eléctrica del hogar debe contar con un centro de carga independiente, conectado a su propio sistema de puesta a tierra. Cada circuito, ya sea de iluminación, fuerza o de cargas especiales, debe incluir un conductor a tierra que esté completamente separado del neutro. Además, los cables de fase y neutro provenientes del medidor deben estar conectados directamente al panel eléctrico principal de la casa. (Miranda, 2020).

Es fundamental que el panel principal de la vivienda disponga de un puente de ecualización que conecte la barra de tierra con la barra de neutro, asegurando un enlace equipotencial entre ambos. En el panel secundario, es crucial mantener una separación estricta entre los cables de neutro y tierra, para garantizar la seguridad y el correcto funcionamiento del sistema eléctrico. (Miranda, 2020).

Tabla 7

Calibres de protección y calibres de conductores.

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)

Nota. Clasificación de conductores para (SPA) (Miranda, 2020).

2.2.8. Normativa Europea de iluminación interiores (UNE)

A nivel de la UE, el Parlamento y el Consejo prepararon y publicaron en 2002 La Directiva 2002/91/CE sobre la eficiencia energética de los edificios se desarrolló y publicó en 2002, es obligatoria en los estados (entre ellos España) lo introdujeron, y cuando haya finalizado el correspondiente período de transición de adaptación. Esta directiva facilita la implementación de cada instalación del edificio que está diseñada para ser lo más eficiente posible; incluyendo alumbrado, y sistemas de iluminación, etc. (Mejía, 2024).

UNE 12464-1: “Iluminación en lugares de trabajo interiores” a partir de mayo de 2003, todas las normas nacionales que puedan entrar en conflicto con las nuevas disposiciones deben ser retiradas antes de finalizar el mes. La norma UNE 12464-1 establece que todos los elementos de iluminación en lugares de trabajo interiores deben cumplir con estos nuevos estándares. Los proyectos de iluminación interior deben ajustarse no solo a requisitos cuantitativos, sino también cualitativos. A continuación, se presentan dos aspectos clave que aseguran el cumplimiento de estas directrices tanto en términos de cantidad como de calidad. (Mejía, 2024).

2.2.8.1. Iluminación en Áreas Educativas

Todas las áreas del colegio deben contar con luminarias que garanticen una visibilidad adecuada y cómoda. Además, los centros educativos deben estar equipados con sistemas de iluminación que se adapten a las diferentes tareas y actividades realizadas durante el periodo escolar y las sesiones de entrenamiento. Es esencial aplicar estándares de calidad rigurosos en el diseño, instalación y mantenimiento de estos sistemas para asegurar un confort visual óptimo y una iluminación eficiente. (Mejía, 2024).

Una buena iluminación es esencial para crear un ambiente acogedor y estimulante tanto para estudiantes como para profesores. Proporciona un confort visual que permite realizar tareas

sin esfuerzo adicional y reduce la fatiga provocada por una iluminación deficiente. Sin embargo, en muchas instituciones educativas, se pueden identificar problemas específicos en la instalación de iluminación, como luminarias que causan deslumbramiento directo o indirecto, iluminación con temperatura de color inadecuada o corriente insuficiente. Una instalación deficiente o excesiva puede dificultar la lectura y escritura en los cuadernos escolares. Además, el color de la luz emitida por las lámparas puede influir significativamente en el comportamiento y desempeño de los estudiantes (Mejía, 2024).

Tabla 8

Niveles de iluminación Norma UNE.

2. EDIFICIOS EDUCATIVOS						
Nº REF.	TIPO DE INTERIOR, TAREA ACTIVIDAD	E _{av} lux	UGR _L	U ₀	R _a	OBSERVACIONES
2.1	AULAS, AULAS DE TUTORÍA	300	19	0,6	80	- La iluminación debería ser controlable.
2.2	AULAS PARA CLASES NOCTURNAS Y EDUCACIÓN DE ADULTOS	500	19	0,6	80	- La iluminación debería ser controlable.
2.3	SALA DE LECTURA	500	19	0,6	80	- La iluminación debería ser controlable para colocar varias A/V necesarias
2.4	PIZARRA	500	19	0,7	80	- Deben evitarse las reflexiones especulares el presentador/profesor debe iluminarse con la iluminancia vertical adecuada
2.5	MESA DE DEMOSTRACIONES	500	19	0,7	80	- En salas de lectura 750 LUX.
2.6	AULAS DE ARTE	500	19	0,6	80	
2.7	AULAS DE ARTE EN ESCUELAS DE ARTE	750	19	0,7	90	- 5000 K - 6500 K
2.8	AULAS DE DIBUJO TÉCNICO	750	16	0,7	80	
2.9	AULAS DE PRÁCTICAS Y LABORATORIOS	500	19	0,6	80	
2.10	AULAS DE MANUALIDADES	500	19	0,6	80	
2.11	TALLERES DE ENSEÑANZA	500	19	0,6	80	
2.12	AULAS DE PRÁCTICAS DE MÚSICA	300	19	0,6	80	
2.13	AULAS DE PRÁCTICAS DE INFORMÁTICA	300	19	0,6	80	
2.14	LABORATORIOS DE LENGUAS	300	19	0,6	80	
2.15	AULAS DE PREPARACIÓN Y TALLERES	500	22	0,6	80	
2.16	HALLS DE ENTRADA	200	22	0,4	80	
2.17	ÁREAS DE CIRCULACIÓN, PASILLOS	100	25	0,4	80	
2.18	ESCALERAS	150	25	0,4	80	
2.19	AULAS COMUNES DE ESTUDIO Y AULAS DE REUNIÓN	200	22	0,4	80	
2.20	SALAS DE PROFESORES	300	19	0,6	80	
2.21	BIBLIOTECA: ESTANTERÍAS	200	19	0,6	80	
2.22	BIBLIOTECA: SALAS DE LECTURA	500	19	0,6	80	
2.23	ALMACENES DE MATERIAL DE PROFESORES	100	25	0,4	80	
2.24	SALAS DE DEPORTE, GIMNASIOS, PISCINAS (USO GENERAL)	300	22	0,6	80	- Véase la UNE 12193 para las condiciones de entrenamiento.
2.25	CANTINAS ESCOLARES	200	22	0,4	80	
2.26	COCINA	500	22	0,6	80	

Nota. Clasificación de lux iluminación áreas educativas (Mejía, 2024).

CAPITULO III

3. Diseño e implementación

3.1. Estudio de carga instalada

Este análisis inicial se enfoca en identificar las necesidades específicas, los recursos disponibles y las posibles limitaciones que podrían afectar la implementación del proyecto. Mediante una evaluación exhaustiva, se busca establecer una base sólida para una planificación detallada y una ejecución efectiva, asegurando que todas las fases del proyecto se realicen de manera eficiente y cumplan con los estándares establecidos.

El estudio de carga se centró en evaluar la capacidad actual del sistema eléctrico, identificando las limitaciones y restricciones que podrían influir en su rendimiento. Se analizaron los siguientes aspectos:

- Carga actual y demanda máxima
- Infraestructura eléctrica existente
- Eficiencia energética
- Confiabilidad y seguridad

Durante la inspección de la infraestructura y el sistema eléctrico, y tras llevar a cabo el levantamiento eléctrico en las diferentes áreas, se determinó que no cumplen con la normativa NEC o, al menos, no dentro de sus parámetros adecuados.

En las distintas áreas se encuentran cinco tableros eléctricos, cada uno con problemas específicos. Por ejemplo, los cables de alimentación de los tableros no son adecuados para la carga actual, lo que podría comprometer la seguridad y eficiencia del sistema. Además, en algunos tableros se ha detectado que los sistemas de iluminación y fuerza comparten el mismo circuito, lo cual no cumple con la normativa NEC, que establece la necesidad de circuitos independientes para

cada sistema, así como un límite en la cantidad de lámparas o tomacorrientes por circuito. A esto se suma la ausencia de un sistema de puesta a tierra en todos los tableros, lo cual representa un riesgo considerable para la seguridad.

El sistema de iluminación presenta deficiencias notables, con lámparas que están fuera de servicio o dañadas. Asimismo, los interruptores no funcionan correctamente o no reciben la alimentación eléctrica necesaria, lo que afecta la fase y el retorno, generando inconvenientes operativos. En cuanto a las protecciones de los tableros, estas están sobredimensionadas; por ejemplo, en uno de ellos se encontró una protección de 63A para el sistema de iluminación y fuerza, y otra de 32A para un circuito de fuerza que alimenta tomacorrientes que no funcionan, con cables sueltos en los cajetines, lo que genera un potencial riesgo de cortocircuito.

Es evidente que se requiere una intervención urgente para adecuar el sistema eléctrico a las normativas vigentes, garantizar la seguridad y optimizar el rendimiento de la instalación. La correcta segregación de los circuitos, la implementación de un sistema de puesta a tierra y la revisión de las protecciones son pasos fundamentales para evitar fallos y asegurar la operatividad de los sistemas eléctricos.

Esto representa un peligro para la comunidad educativa, debido a que se podría provocar un corto circuito que dejar de tener energía dentro de la unidad educativa.

La revisión de la carga actual del sistema eléctrico revela que, aunque está operativo, se encuentra cerca de su capacidad máxima. Se identificaron varias limitaciones en la infraestructura existente que impiden un crecimiento eléctrico futuro. Estas limitaciones incluyen:

- Conductores obsoletos
- Interruptores dañados
- Tomacorrientes rotos y otros fuera de servicio

- Tableros eléctricos con polaridad invertida
- Tableros eléctricos con cables mal dimensionados
- Lámparas que no funcionan o están quebradas

En la siguiente tabla se detallan las cargas en cada uno de los tableros y la cantidad de luxes presente en cada área actualmente.

Tabla 9

Medidas de parámetros eléctricos y nivel de iluminación en el aula 1.

TABLERO A			AULA 1		
VOLTAJE (V) TOTAL POR TABLERO	INTENSIDAD (I) TOTAL POR TABLERO	POTENCIA (W)	# CONDUCTOR	LUXES	
125,8	4,9	616,42	1X10 + 1X10 AWG	83	

Nota. Medida de parámetros eléctricos (Propio).

Tabla 10

Medidas del nivel de iluminación del área administrativa, DECE, bodega y aula de inglés.

TABLERO B			
VOLTAJE (V) TOTAL POR TABLERO	INTENSIDAD (I) TOTAL POR TABLERO	POTENCIA (W)	# CONDUCTOR
122,7	2,7	331,29	1X12 + 1X12 AWG
AULA DE INGLES			
LUXES		FOTO	
150			
BODEGA DE INGLES			
LUXES		FOTO	
192			
DIRECCIÓN			
LUXES		FOTO	
19			
DECE			

LUXES	FOTO
130	

Nota. Medidas de parámetros eléctricos (Propio).

Tabla 11

Medidas del nivel de iluminación del área de computación y sala de eventos.

TABLERO C			
VOLTAJE (V) TOTAL POR TABLERO	INTENSIDAD (I) TOTAL POR TABLERO	POTENCIA (W)	# CONDUCTOR
121,9	7,6	926,44	1X8 + 1X8 AWG
SALA DE COMPUTACION			
LUXES		FOTO	
52			
SOLON DE EVENTOS			
LUXES		FOTO	
101			

Nota. Medidas de parámetros eléctricos (Propio).

Tabla 12

Medidas de parámetros eléctricos y nivel de iluminación del área del comedor.

TABLERO E		COMEDOR			
VOLTAJE (V) TOTAL POR TABLERO	INTENSIDAD (I) TOTAL POR TABLERO	POTENCIA (W)	# CONDUCTOR	LUXES	FOTO
125,3	3,5	438,55	1X10 + 1X10 AWG	14	

Nota. Medidas de parámetros eléctricos (Propio).

Existe un quinto tablero en el área de los baños que actualmente no está en funcionamiento y no tiene carga. Se ha identificado la presencia de cables sueltos, lo que representa un riesgo potencial. Próximamente, se planea habilitar este tablero para ponerlo en servicio y conectarlo adecuadamente.

3.2. Cálculo de luminarias mediante el método lúmenes

El método de lúmenes se emplea en el diseño de iluminación para calcular cuántas luminarias son necesarias para alcanzar un nivel adecuado de iluminancia en un área específica.

$$\phi T = \frac{Em * S}{Cu * Cm} \quad (\text{Ec. 3})$$

- $\phi T = \text{Flujo luminoso TOTAL}$ (lúmenes)
- $Em = \text{Nivel de Iluminación media}$ (lux)
- $S = \text{Superficie a iluminar}$ (m^2)
- $Cu = \text{Coeficiente de utilizacio.}$
- $Cm = \text{Coeficiente de mantenimiento}$

$$NL = \frac{\phi T}{n * \phi L} \quad (\text{Ec. 4})$$

$$\text{Número de luminarias} = \frac{\text{flujo luminoso total}}{\text{numero de lamparas que tiene una luminaria} * \text{flujo lumiso de una lampara}}$$

- Datos
- Ancho (a) 5.8 m
- Largo(b) 7.3 m
- Altura (h) 2.45 m
- Altura de trabajo(h') 0.8 m

Para el cálculo de lúmenes de debe tomar en cuenta la reflexión de los colores de la edificación a calcular (se observa en la tabla 14), colores que predominan uniformemente en la Unidad Educativa Juan Amador son:

- Blanco
- Amarillo limón
- Azul Claro

Tabla 13

Tabla de reflexión.

Reflexión de radiación solar en función del color de la superficie	
COLOR	% REFLEJADO
Blanco cal	80
Amarillo limón	70
Amarillo oro	60
Azul claro	40-50
Rosa común	40
Gris cemento	32
Anaranjado	25-30

Nota. Tabla de reflexión de colores usados en algunos edificios (Arévalo & Fernando, 2021).

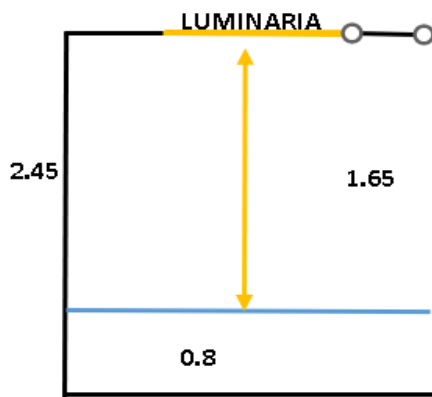
- Índice de local (constante).

$$K = \frac{a * b}{h(a + b)} \quad (\text{Ec. 5})$$

donde h= altura entre el plano de trabajo y la altura de la luminaria.

Figura 18

Índice local.



Nota. Representa el espacio a iluminar (Propio).

$$K = \frac{5.8 * 7.3}{1.65(5.8 + 7.3)} \approx K = \frac{42.34}{21.615} \approx K = 1.95$$

Factor de utilización

$Cu = \text{Coeficiente de utilizacion}$

Tabla 14

Coeficiente de utilización.

plc	0.20																	
poc																		
pw	0	.7	.5	.3	0	.7	.5	.3	0	.5	.3	0	.5	.3	0	.5	.3	0
0	119	119	119	119	116	116	116	116	111	111	111	106	106	106	102	102	102	100
1	111	108	104	101	109	105	102	100	101	99	97	97	95	94	94	92	91	89
2	104	97	92	8	101	95	91	86	92	88	84	89	86	83	86	83	81	79
3	97	88	82	77	94	87	81	76	84	79	75	81	77	73	79	75	72	70
4	90	81	74	68	88	79	73	68	77	71	67	75	70	66	73	69	65	63
5	85	74	67	61	83	73	66	61	71	65	60	69	64	60	68	63	59	57
6	79	68	61	56	78	67	60	55	66	60	55	64	59	55	63	58	54	52
7	75	63	56	51	73	63	56	51	61	55	50	60	54	50	59	54	50	48
8	70	59	52	47	69	58	52	47	57	51	47	56	50	46	55	50	46	44
9	67	55	48	26	65	55	48	43	54	47	43	53	47	43	52	47	43	41
10	63	52	45	40	62	51	45	40	50	44	40	50	44	40	49	44	40	38

Nota. Cálculo del coeficiente de utilización luminarias Sylvania (Gavilanes, 2019).

- $Cu = \text{Coeficiente de utilizacion}$
- $Cu = 1.04 + 0.97 = 2.01$
- $Cu = 2.01 / 2 = 1.005$
- $Cu = 1.005$
- $Cm = \text{Coeficiente de mantenimiento.}$

Se encuentra en función del ambiente con sus factores respectivos

Limpio = 0.8

Sucio = 0.6

$$\phi T = \frac{Em * S}{Cu * Cm} \quad (\text{Ec. 6})$$

$$Em = \text{Nivel de Iluminación media (lux)}$$

Tabla 15

Tabla normativa UNE.

2. EDIFICIOS EDUCATIVOS						
Nº REF.	TIPO DE INTERIOR, TAREA ACTIVIDAD	E _m lux	UGR _t	U _a	R _a	OBSERVACIONES
2.1	AULAS, AULAS DE TUTORÍA	300	19	0,6	80	- La iluminación debería ser controlable.
2.2	AULAS PARA CLASES NOCTURNAS Y EDUCACIÓN DE ADULTOS	500	19	0,6	80	- La iluminación debería ser controlable.
2.3	SALA DE LECTURA	500	19	0,6	80	- La iluminación debería ser controlable para colocar varias A/V necesarias
2.4	PIZARRA	500	19	0,7	80	- Deben evitarse las reflexiones especulares el presentador/profesor debe iluminarse con la iluminancia vertical adecuada
2.5	MESA DE DEMOSTRACIONES	500	19	0,7	80	- En salas de lectura 750 LUX.
2.6	AULAS DE ARTE	500	19	0,6	80	
2.7	AULAS DE ARTE EN ESCUELAS DE ARTE	750	19	0,7	90	- 5000 K - 6500 K
2.8	AULAS DE DIBUJO TÉCNICO	750	16	0,7	80	
2.9	AULAS DE PRÁCTICAS Y LABORATORIOS	500	19	0,6	80	
2.10	AULAS DE MANUALIDADES	500	19	0,6	80	
2.11	TALLERES DE ENSEÑANZA	500	19	0,6	80	
2.12	AULAS DE PRÁCTICAS DE MÚSICA	300	19	0,6	80	
2.13	AULAS DE PRÁCTICAS DE INFORMÁTICA	300	19	0,6	80	
2.14	LABORATORIOS DE LENGUAS	300	19	0,6	80	
2.15	AULAS DE PREPARACIÓN Y TALLERES	500	22	0,6	80	
2.16	HALLS DE ENTRADA	200	22	0,4	80	
2.17	ÁREAS DE CIRCULACIÓN, PASILLOS	100	25	0,4	80	
2.18	ESCALERAS	150	25	0,4	80	
2.19	AULAS COMUNES DE ESTUDIO Y AULAS DE REUNIÓN	200	22	0,4	80	
2.20	SALAS DE PROFESORES	300	19	0,6	80	
2.21	BIBLIOTECA: ESTANTERÍAS	200	19	0,6	80	
2.22	BIBLIOTECA: SALAS DE LECTURA	500	19	0,6	80	
2.23	ALMACENES DE MATERIAL DE PROFESORES	100	25	0,4	80	
2.24	SALAS DE DEPORTE, GIMNASIOS, PISCINAS (USO GENERAL)	300	22	0,6	80	- Véase la UNE 12193 para las condiciones de entrenamiento.
2.25	CANTINAS ESCOLARES	200	22	0,4	80	
2.26	COCINA	500	22	0,6	80	

Nota: Tabla del nivel de iluminación 300 luxes(Jiménez et al., 2021).

$$\phi T = \frac{300 * (5.8 * 7.3)}{1.005 * 0.8} = 15798.51 \text{ lúmenes}$$

3.2.1. Cantidad de luminarias

$$NL = \frac{\phi T}{n * \phi L} \quad (\text{Ec. 7})$$

$$NL = \frac{15798.51}{1 * 4030} = 3.920 = 4$$

$$NL = 4 \text{ luminarias}$$

Con el cálculo de los lúmenes y la cantidad de luminarias en cada aula, se lleva a cabo simulaciones que evaluaron diversos escenarios de iluminación, garantizando que el diseño no

solo cumpliría con los requisitos técnicos, sino que también brindaría un ambiente acogedor y propicio para el aprendizaje.

3.3. Diseño del sistema de iluminación en DIALUX

En el proceso de repotenciación de la escuela Juan Amador, se llevó a cabo un meticuloso diseño de iluminación utilizando el software DIALux. El cual nos permitió crear un entorno lumínico adecuado y eficiente, fundamentado en los planos topográficos de la estructura existente, que incluían las dimensiones de paredes, techos, ventanas y pisos.

Para iniciar, se realizó un levantamiento detallado de las características arquitectónicas del edificio. Las mediciones precisas de cada espacio nos proporcionaron una base sólida para el modelado tridimensional en DIALux. Este paso fue vital, ya que nos permitió visualizar cómo la luz interactuaría con el ambiente, optimizando así la distribución lumínica en todas las aulas y áreas comunes.

3.3.1. Levantamiento de Planos

Se realizó el diseño tridimensional contemplado en AUTO – CAD., de acuerdo con las dimensiones establecidas en el plano; estableciendo las siguientes características las mismas que se repiten en todas las aulas de la unidad educativa.

Tabla 16

Colores utilizados en el proyecto

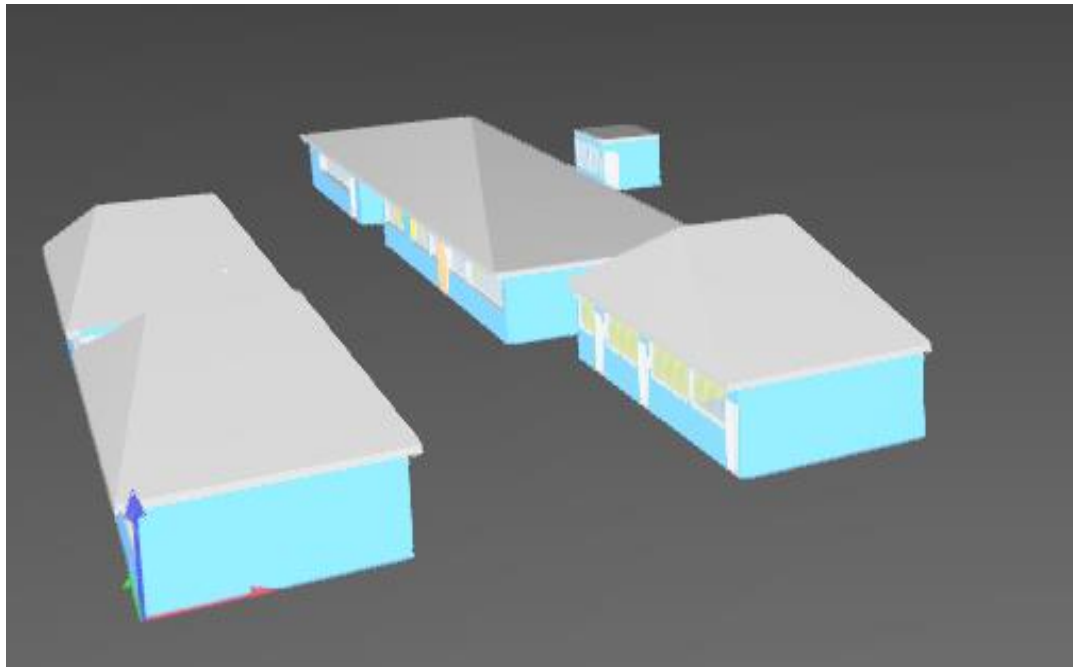
Ubicación	Color
Techo	Blanco
Paredes	Amarillo Limón
Paredes	Azul
Piso	Blanco

Nota. Características de obra civil en la Escuela Juan Amador (Propio).

A continuación, se muestra el diseño tridimensional realizado en Dialux, como se puede apreciar en la figura, toda la construcción:

Figura 19

Levantamiento de paredes y techos proyecto Juan Amador.



Nota. Levantamiento de paredes, techos, ventanas y pisos, del Centro Educativo Juan Amador (Autoría).

Una vez digitalizados los planos, se procede al cálculo para la incorporación de las luminarias de acuerdo a los resultados, considerando tanto la normativa vigente de iluminación como las necesidades específicas de los usuarios.

3.3.2. Modelado 3D: Selección del área de trabajo

En base a la normativa UNE 12464.1(Norma europea sobre iluminación para interiores), se seleccionó el espacio de trabajo con valores para el nivel de iluminación de 300 luxes.

Según normativa; NTE INEN 2969-1Primera Edición. En relación con la iluminación artificial o mediante claraboyas, es fundamental asegurar la uniformidad de la iluminancia.

Uniformidad de la iluminación.

Nota. Uniformidad de iluminancia $\geq 0,40$ (Jiménez et al., 2021).

Se realizó un exhaustivo análisis de las luminarias más adecuadas para cada espacio. Se consideraron factores como la eficiencia energética, la temperatura de color y la distribución luminosa. Se eligieron fuentes de luz que favorecieran un ambiente cálido y acogedor, alineado con la función educativa del espacio.

Lampara selección de luminaria para proyecto.

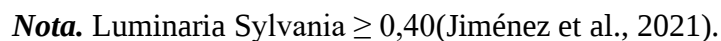
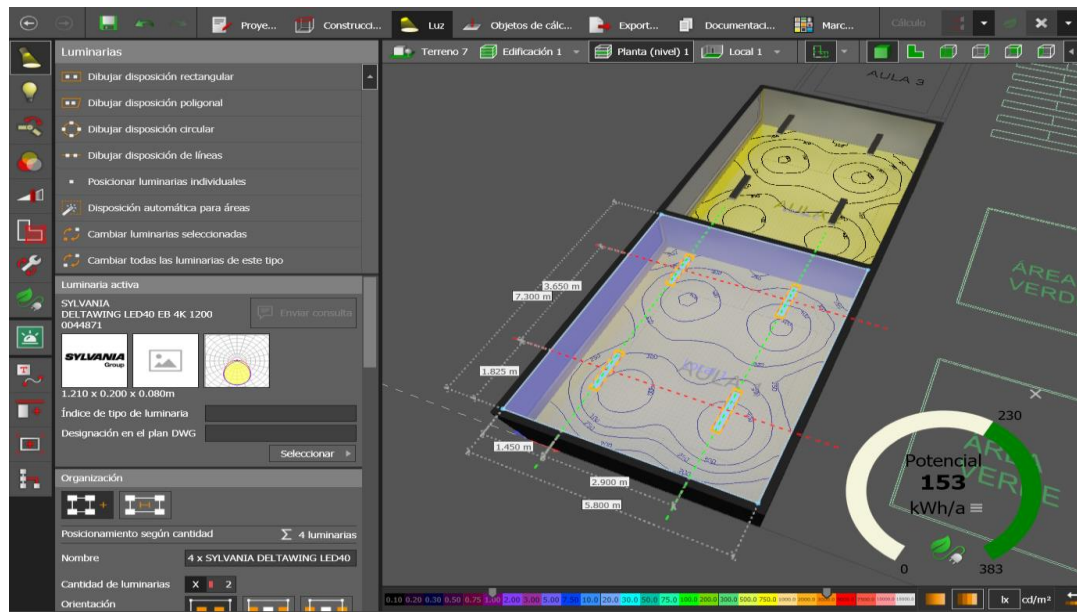


Figura 21

Selección de luminarias DIALux



Nota. Selección con las luminarias adecuadas (Propio).

3.3.3.1 Distribución de Iluminación

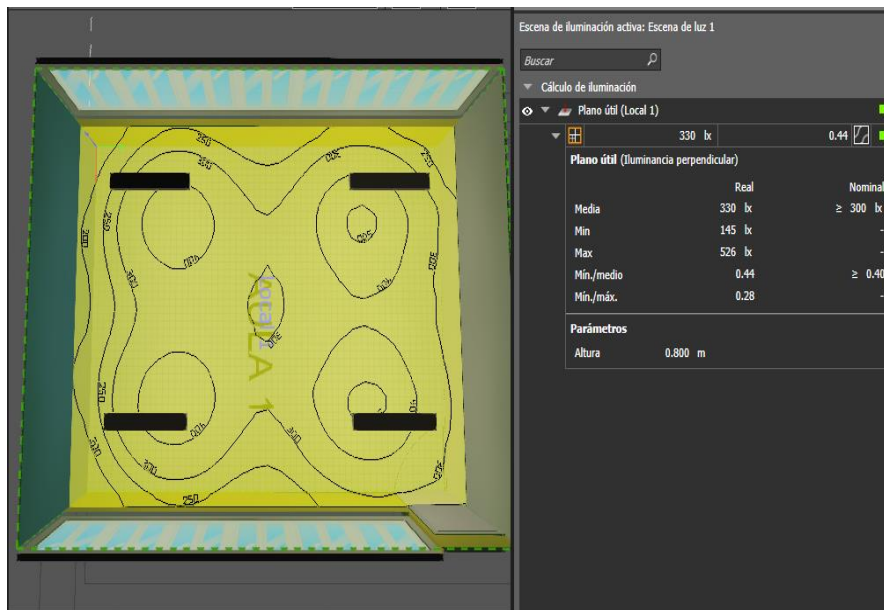
Se elaboró un plan para la distribución de la iluminación, adaptado a las necesidades particulares de cada aula, pasillo y áreas comunes. Se realizaron simulaciones de diferentes escenarios para asegurarse de que la iluminación alcanzara los estándares necesarios para entornos educativos. Asimismo, se tuvo en cuenta la eficiencia energética y el cuidado del medio ambiente, optando por lámparas LED de bajo consumo que no solo disminuirían el consumo de energía, sino que también favorecerían un entorno más sostenible.

3.3.4 Resultados

Del trabajo en DIALux no solo se traduce en un diseño que mejora la visibilidad y la ergonomía en los espacios educativos, sino que también representa un paso importante hacia la modernización de la infraestructura de la escuela Juan Amador. De este modo, se busca crear un entorno que favorezca el desarrollo académico de los estudiantes y potencie su bienestar.

Figura 22

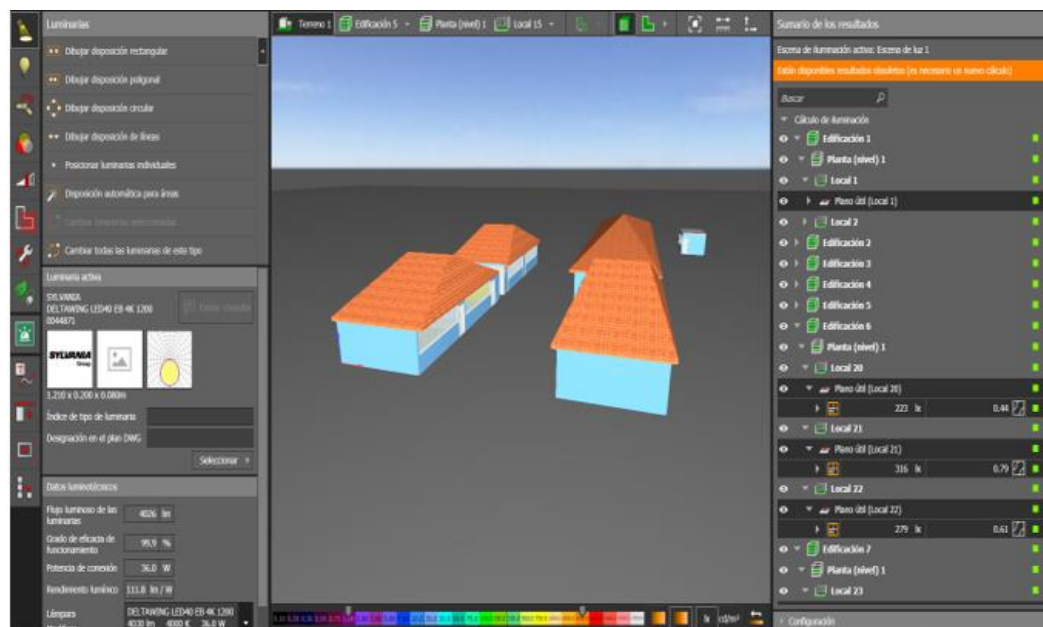
Resultado DIALux.



Nota. Selección con las luminarias adecuadas (Propio).

Figura 23

Resultados de proyecto DIALux.



Nota: Resultado visual proyecto (Propio).

3.4. Diseño del circuito de iluminación y fuerza

3.4.1. Factores de Demanda para Iluminación y Tomacorrientes de Uso General

Al planificar y diseñar sistemas eléctricos para viviendas, es fundamental aplicar factores de demanda para determinar la capacidad real que el sistema debe soportar. Estos factores se basan en el tipo de vivienda y se utilizan para calcular la carga real esperada, evitando el sobredimensionamiento y asegurando eficiencia y seguridad.

Tabla 18

Factores de Demanda

VIVIENDA TIPO	FD Iluminación	FD Tomacorrientes
Pequeña - mediana	0,70	0,50
Mediana grande - Grande	0,55	0,40
Especial	0,53	0,30

Nota. Factor de demanda según National Electrical Code(Arévalo & Fernando, 2021).

3.4.2. Cálculo del calibre del conductor

Calcular el calibre adecuado de un conductor para una instalación eléctrica es un proceso esencial para garantizar la seguridad y eficiencia del sistema eléctrico. Este proceso implica varios pasos y consideraciones, desde la determinación de la carga total por circuito hasta la aplicación de factores de corrección.

Según la normativa NEC- SB- Instalaciones eléctricas se debe considerar lo siguiente:

- Es necesario que los circuitos de iluminación se construyan con 15 puntos de iluminación y una carga máxima de 15 amperios.
- Para permitir una capacidad de carga de 20 amperios por circuito y no más de 10 salidas, los circuitos de tomacorrientes deben diseñarse teniendo en cuenta las salidas polarizadas (fase, neutro y tierra).

- Capacidad de corriente: según la Tabla No. 5, el calibre del conductor debe soportar al menos el 125 % del valor de la corriente de protección del circuito.

De acuerdo con el resultado del diseño de iluminación y considerando la normativa NEC se estable el siguiente cuadro de cargas a instalar como el resultado del diseño realizado.

Tabla 19*Carga a Instalar.*

DESCRIPCION	CANT .	Potencia Nom. (W)	Potencia total consumida (W)	FACTOR DE DEMANDA F. D	MAX DEMANDA MD (W)	VOLTAJE
CIRCUITO 1 FUERZA	6	200	1200	0,5	600	120
CIRCUITO 2 FUERZA	5	200	1000	0,5	500	120
CIRCUITO 1 ILUMINACION	16	36	576	0,7	403,2	120
ALIMENTACION STB B	1	0	0	0,8	0	220
CIRCUITO 2 ILUMINACION	7	9	63	0,7	44,1	120
RESERVA	0	0	0	0	0	0
T O T A L E S			2839		1547,3	

Nota. Carga a instalar como resultado del diseño realizado (Propio).

Como ejemplo, se considera el circuito de iluminación para el cálculo de la corriente y posterior sección del conductor.

Si la carga de del circuito de iluminación 1 es de 403.2 (W), a una tensión de 120V.

Potencia de demanda es de 403.2 (W).

Formula de la corriente:

$$I = \frac{P_D}{V_{in} * f d} \quad (\text{Ec. 8})$$

$$I = \frac{403.2 (W)}{120 (V) * 0.9}$$

$$I = 3,73 (A)$$

Ha esto se debe considerar la corriente Max.

Según la normativa NTC2050Y NEC, indica que se debe dimensionar el 125% sobre la carga.

$$I = 3,73 (A) * 125\%$$

$$I = 4,66 (A)$$

De acuerdo con la tabla 310-15(b)(16)

Tabla 20

Capacidad de corriente permisible en conductor aislad

Tabla No. 8 Capacidad de corriente permisible en conductores aislados hasta 2000v nominales y 60°C a 90°C. No más de tres conductores portadores de corriente en una canalización, cable o tierra (directamente enterrados) y temperatura ambiente de 30 °C

Sección Transversal	Temperatura nominal del conductor						Calibre
	60°C	75°C	90°C	60°C	75°C	90°C	
	Tipo S, TW, UF	Tipos FEPW*, RH*, RHW*, THHW*, THW*, THWN*, XHHW*, USE*, ZW*	Tipos TBS, SA, SIS, FEP*, FEPB*, MI, RHH*, RHW-2, THHN*, THHW*, THW-2*, THWN-2*, USE-E, XHH, XHHW*, XHHW-2, ZW-2	Tipos TW*, UF*	Tipos RH*, RHW*, THHW*, THW*, THWN*, XHHW*, USE*	Tipos TBS, SA, SIS, THHN*, THW-2, RHH*, RHW-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2	
mm²	COBRE			ALUMINIO O ALUMINIO RECUBIERTO DE COBRE			AWG o kcmils
0,82	....	....	14	....	....	....	18
1,31	....	....	18	....	....	....	16
2,08	20*	20*	25	....	....	....	14
3,3	25*	25*	30*	20*	20*	25*	12
5,25	30	35*	40*	25	30*	35*	10
8,36	40	50	55	30	40	45	8
13,29	55	65	75	40	50	60	6
21,14	70	85	95	55	65	75	4

Nota. Carga a instalar como resultado del diseño realizado (Pallo et al., 2023)

Tabla 21

Estudio de carga para selección del conductor eléctrico.

DESCRIPCION	CANT.	Potencia Nom. (W)	Potencia total consumida (W)	FACTOR DE DEMANDA F.D	MAX DEMANDA MD (W)	VOLT AJE	FAC. POTENCIA	CORRIENTE NOMINAL (AMP)	CORRIENTE MAX (AMP) NEC	CALIBRE DE CODUCTOR AWG	CALIBRE DE CODUCTOR
CIRCUITO 1 FUERZA	6	200	1200	0,5	600	120	0,9	4,50	5,6	12	12+12+14THHN
CIRCUITO 2 FUERZA	5	200	1000	0,5	500	120	0,9	3,75	4,7	12	12+12+14THHN
CIRCUITO 1 ILUMINACION	16	36	576	0,7	403,2	120	0,9	1,68	2,1	14	14+14THHN
ALIMENTACION STB B	1	0	0	0,8	0	220	0,9	0,00	0,0	10	2x10+10+12THHN
CIRCUITO 2 ILUMINACION	7	9	63	0,7	44,1	120	0,9	0,18	0,2	14	14+14THHN
RESERVA	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0	0
TOTALES			2839		1547,3			10,1	12,6		

Nota. Estudio de carga para selección del conductor eléctrico (Propio)

3.4.3. Código de colores para cables eléctricos

Tabla 22

Código de colores según normativa NEC

CODIGO DE COLORES	
CONDUCTOR	COLOR
Neutro	Blanco
Tierra	Verde, verde con franja naranja
Fase	Rojo, azul, negro, amarillo o cualquier otro color diferente a neutro y tierra

Nota. Carga a instalar como resultado del diseño realizado (Pallo et al., 2023).

Los conductores deben cumplir con normas específicas que dictan los requisitos de aislamiento y otras propiedades importantes. En este contexto, la norma vigente NTE INEN 2345 establece los criterios para el tipo de aislamiento de los conductores eléctricos.

3.4.4. Cálculo de alimentador principal.

Carga total instalada:

$$C = \sum \text{cargas} \quad (\text{Ec. 9})$$

$$C = 13074.96 \text{ W}$$

Aplicamos el factor de potencia

PD= carga instalada * factor de demanda para diferentes áreas

$$PD = (CI * FD) \quad (\text{Ec. 10})$$

$$PD = 9736.068 \text{ W}$$

Sistema bifásico 2φ, 1n, 1t

Cálculo de protección principal.

$$I = \frac{PD}{V_{LN} * F_p} \quad (\text{Ec. 11})$$

$$I = \frac{9736.068 \text{ W}}{220_V * 0.9}$$

$$I = 49.17 \text{ Amp}$$

Según la NEC se debe incrementar el factor de seguridad para todo circuito eléctrico

$$I = 49.17 (A) * 125\%$$

$$I = 61.46 (A) \gg 63 \text{ Amp}$$

Según la tabla 310-15(b)(16), el conductor adecuado es el de calibre 4 AWG

Tabla 23

Calibres de cables y amperajes

Tabla 310-15(b)(16).- Ampacidades permisibles en conductores aislados para tensiones hasta 2000 volts y 60 °C a 90 °C. No más de tres conductores portadores de corriente en una canalización, cable o directamente enterrados, basados en una temperatura ambiente de 30 °C*

Tamaño o designación		Temperatura nominal del conductor [Véase la tabla 310-104(a)]					
		60 °C	75 °C	90 °C	60 °C	75 °C	90 °C
mm ²	AWG o kcmil	TIPOS TW, UF	TIPOS RHW, THHW, THHW-LS, THW, THW-LS, THWN, XHHW USE, ZW	TIPOS TBS, SA, SIS, FEP, FEPS, MI, RHH, RHW-2, THHN, THHW, THHW- LS, THW-2, THWN-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW- 2, ZW-2	TIPOS UF	TIPOS RHW, XHHW, USE	TIPOS SA, SIS, RHH, RHW-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2
		COBRE			ALUMINIO O ALUMINIO RECUBIERTO DE COBRE		
0.824	18 ⁻	—	—	14	—	—	—
1.31	16 ⁻	—	—	18	—	—	—
2.08	14 ⁻	15	20	25	—	—	—
3.31	12 ⁻	20	25	30	—	—	—
5.26	10 ⁻	30	35	40	—	—	—
8.37	8	40	50	55	—	—	—
13.3	6	55	65	75	40	50	55
21.2	4	70	85	95	55	65	75
26.7	3	85	100	115	65	75	85
33.6	2	95	115	130	75	90	100
42.4	1	110	130	145	85	100	115
53.49	1/0	125	150	170	100	120	135
67.43	2/0	145	175	195	115	135	150
85.01	3/0	165	200	225	130	155	175
107.2	4/0	195	230	260	150	180	205

Nota. Factores de ampacidad y temperatura de cable (Pallo et al., 2023).

Un cable de aluminio de calibre 4 AWG tiene una capacidad de corriente nominal de aproximadamente 65 amperios. En este caso utilizaremos tres cables de 4 AWG; dos ellos

se destinarán a la fase y uno al neutro, con el fin de alimentar la escuela de manera adecuada.

Caída de tensión principal

$$e\% = \frac{2 * L * I}{V * S} \quad (\text{Ec. 12})$$

$$e\% = \frac{2 * 9(m) * 49.17(A)}{220(V) * 21.2}$$

$$e\% = 0.379\%$$

$$\mu = \frac{0.37\% * 220}{100} = 0.81 \text{ V}$$

Tabla 24

Selección de conductor:

SUBTABLERO A - 8P 220V 2x4 + 1x4 + 8 THHN (AL)											
WAT TS FASE A	WAT TS FASE B	DESCRIPCI ON	Potenci a total consum ida (W)	MAX DEMAN DA MD (W)	CORRIE NTE NOMINA L (AMP)	CORRIE NTE MAX (AMP) NEC	CALIBRE DE CODUCT OR AWG	LONGITUD (mtrs)	VOLTAJE PERDIDA EN EL CONDUCT OR	PROTECCI ÓN	CALIBRE DE CODUCT OR
5194, 38	4541, 68	T O T A L E S	13074,9 6	9736,068	49,17	61,5	4	9	0	2P-70A	2x4 + 1x4 + 8 THHN (AU)

Nota: Tabla para cálculos (Propio).

3.4.5. Caídas de voltaje

La caída de tensión en un sistema eléctrico es un fenómeno que ocurre cuando la energía eléctrica se transporta a través de un conductor y la tensión disminuye a medida que la corriente fluye por el mismo. Esto es causado por la resistencia inherente de los materiales conductores. Comprender y calcular correctamente las caídas de tensión es esencial para garantizar la eficiencia y seguridad del sistema eléctrico.

El cálculo de la caída de tensión se puede realizar utilizando la siguiente fórmula:

$$Vd = \frac{2 * L * I}{vff * S} \quad (\text{Ec. 13})$$

Donde:

- Vd = Caída de tensión (en voltios)
- L = Longitud del conductor (en metros)
- I = Corriente que fluye a través del conductor (en amperios)
- R = Resistencia del conductor (en ohmios por kilómetro)

Los porcentajes ideales en los circuitos alimentadores serán el 3% y en derivados solo un 2% y sumados un máximo de 5%.

Según la siguiente fórmula para el estudio de la caída de tensión para tablero A

$$e\% = \frac{2 * L * I}{Vff * S} \quad (\text{Ec. 14})$$

$$e\% = \frac{2 * 8(m) * 61,5(A)}{220(V) * 21,15}$$

$$e\% = 0.21\%$$

$$\mu = \frac{0.21\% * 220}{100} = 0,46 V$$

Según la siguiente fórmula para el estudio de la caída de tensión para tablero C

$$e\% = \frac{2 * L * I}{Vff * S}$$

$$e\% = \frac{2 * 28(m) * 46,7(A)}{220(V) * 21.15}$$

$$e\% = 0.56\%$$

$$\mu = \frac{0.56\% * 220}{100} = 1.23 V$$

Tabla 25

Cálculo de caída de voltaje.

SUBTABLERO D - 2P 110 V 1x10 + 1x10 + 12 THHN												
DESCRIPCION	CANT	Potencia Nom	Potencia total consumida	FACTOR DE DEMANDA	MAX DEMANDA	VOLTAJE	FAC. POTENCIA	CORRIENTE NOMINAL	CORRIENTE MAX (AMP)	LONGITUD	VOLTAJE PERDIDA EN EL	CALIBRE DE CONDUCTOR
CIRCUITO 1 FUERZA	1	200	200	0,5	100	120	0,9	0,93	1,2	3	0,050595238	12+12+14THHN
CIRCUITO 1 ILUMINACION	4	19	76	0,7	53,2	120	0,9	0,49	0,6	8	0,07177778	14+14THHN
TOTALES			276		153,2			1,4	1,8			

Nota: Tabla para cálculos (Propio).

3.4.6 Selección de protecciones

La selección adecuada de protecciones eléctricas es fundamental para garantizar la seguridad, eficiencia y durabilidad de una instalación eléctrica. Las protecciones eléctricas ayudan a prevenir daños a los equipos, minimizar riesgos de incendios y proteger a las personas de posibles descargas eléctricas.

De acuerdo con Schneider electric, se muestra a continuación la siguiente tabla para seleccionar las protecciones eléctricas.

Tabla 26
Selección de protecciones eléctricas.

MONOPOLAR POLO x AMPERIOS	BIPOLAR POLO x AMPERIOS	TRIPOLAR POLO x AMPERIOS
1x15	2x15	3x15
1x20	2x20	3x20
1x30	2x30	3x30
1x40	2x40	3x40
1x50	2x50	3x50
1x60	2x60	3x60
	2x70	3x70
		3x100

Nota. Protecciones eléctricas (Pallo et al., 2023).

Figura 24
Descripción de protección eléctrica.

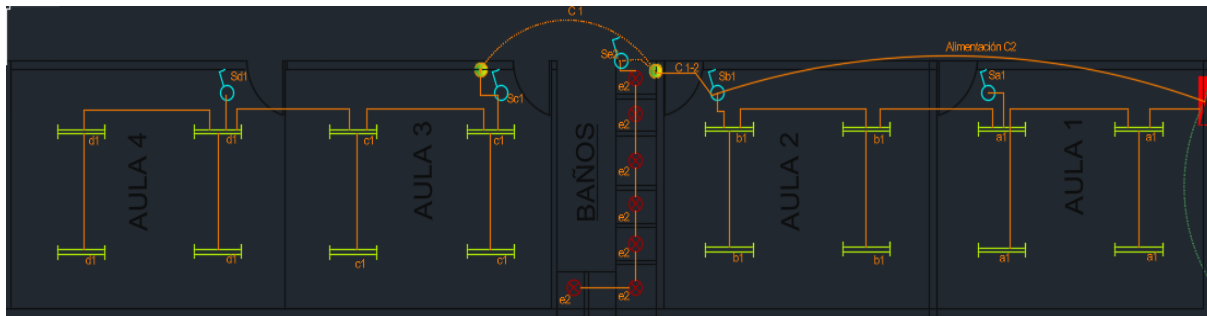


Nota. Protección eléctrica (Schneider electric,2023).

Para seleccionar la protección se debe realizar los siguientes pasos: teniendo una carga total instalada 576 (W) del circuito de iluminación que se muestra a continuación en la imagen.

Figura 25

Diseño de iluminación.



Nota. Imagen de muestra para cálculo (Propio).

Cálculo de la Potencia de demanda.

$$PD = CI * FD \quad (\text{Ec. 15})$$

$$PD = 576 * 0.7$$

$$PD = 403.2 \text{ VA}$$

Sistema monofásico

$$I = \frac{P_D}{V_L * F_P} \quad (\text{Ec. 16})$$

$$I = \frac{403.2}{120 * 0.9}$$

Se incrementa un factor de seguridad de acuerdo con la NEC:

$$I = 3.73 \text{ (A)} * 125\%$$

$$I = 4.66 \text{ (A)}$$

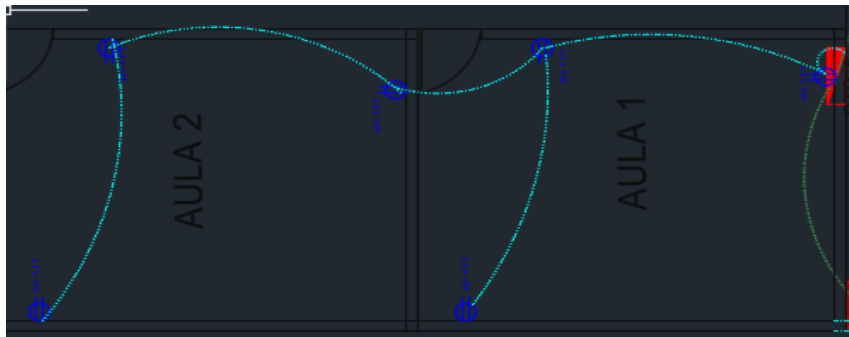
La protección asignada para una corriente máxima de 8.4 (A) por lo cual se asigna un disyuntor de 15 (Amp) que proporciona la marca Schneider electric. Esta recomendación se basa en la norma IEC 60898-1 y la NEC, que establece que el dispositivo de protección debe tener una

capacidad superior al consumo máximo previsto para evitar el disparo innecesario del interruptor, mientras que asegura la protección adecuada del circuito.

En la siguiente imagen se muestra el diseño de fuerza para realizar el cálculo de la protección eléctrica, teniendo una carga total instalada 1200 (W).

Figura 26

Diseño de Fuerza.



Nota. Imagen de muestra para cálculos (Propio).

Cálculo de la potencia de demanda

$$PD = CI * FP \quad (\text{Ec. 17})$$

$$PD = 1200 * 0.5$$

$$PD = 600 \text{ VA}$$

Sistema monofásico

$$I = \frac{P_D}{V_L * F_p} \quad (\text{Ec. 18})$$

$$I = \frac{600}{120 * 0.9}$$

$$I = 5.56 \text{ (A)} * 125\%$$

$$I = 6.95 \text{ (A)}$$

Con una corriente de 6.95 (A), se asigna una protección de 20A. Recomendación según norma IEC 60898-1 y la NEC.

Tabla 27

Cálculo de protección fuerza

SUBTABLERO A - 8P 220V 2x4 + 1x4 + 8 THHN (AL)										
DESCRIPCION	CANT.	Potencia Nom. (W)	Potencia total consumida (W)	FACTOR DE DEMANDA F. D	MAX DEMANDA MD (W)	VOLTAJE	FAC. POTENCIA	CORRIENTE NOMINAL (AMP)	CORRIENTE MAX (AMP) NEC	PROTECCIÓN
CIRCUITO 1 FUERZA	11	200	2200	0,5	1100	120	0,9	10,19	12,7	1P-20A
CIRCUITO 1 ILUMINACION	16	36	576	0,7	403,2	120	0,9	3,73	4,7	1P-15A
ALIMENTACION STB C	1	7325,96	7325,96	0,8	5860,768	220	0,9	29,60	37,0	2P-63A
ALIMENTACION STB B	1	2910	2910	0,8	2328	220	0,9	11,76	14,7	2P-32A
CIRCUITO 2 ILUMINACION	7	9	63	0,7	44,1	120	0,9	0,41	0,5	1P-15A
RESERVA	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0
TOTALES			13074,96		9736,068			49,17	61,5	2P-63A

Nota: Tabla para cálculos (Propio).

3.5. Puesta a tierra

La principal función de la puesta a tierra es proteger personas y equipos. Asegúrate de cumplir con normativas internacionales (como la IEEE o la IEC) y considerar el tipo de terreno para optimizar la conductividad, la resistencia ideal de una puesta a tierra es teóricamente de 0 ohmios, pero en la práctica, lograrlo es casi imposible.

Agencias como la NFPA y IEEE sugieren que la resistencia de tierra no supere los 5.0 ohmios, especialmente en sistemas que manejan equipos sensibles. El NEC, por su parte, establece que la impedancia a tierra no debe exceder los 25 ohmios (NEC 250.56), aunque también recomienda que se apunte a valores menores en instalaciones críticas.

Tabla 250-122: Especificaciones para la selección de conductores de puesta a tierra en instalaciones eléctricas. Según la corriente de carga que tenemos es de 61,5 Amp.

Tabla 28

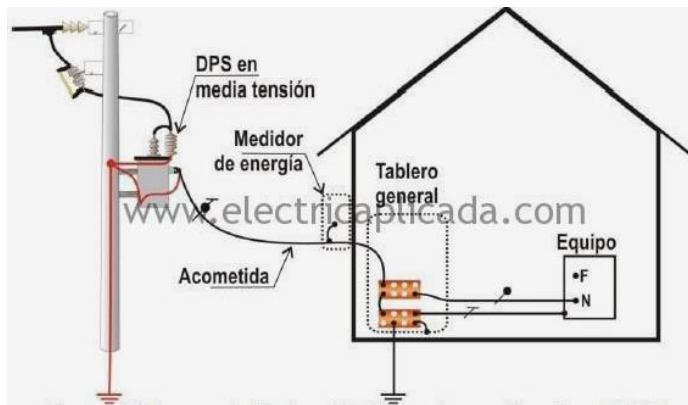
Especificaciones para selección de conductores

Capacidad o ajuste del dispositivo automático de protección contra sobrecorriente en el circuito antes de los equipos, canalizaciones, etc. Sin exceder de: Amperes	Tamaño			
	Cobre		Cable de aluminio o aluminio con cobre	
	mm ²	AWG o kcmil	mm ²	AWG o kcmil
15	2.08	14	—	—
20	3.31	12	—	—
60	5.26	10	—	—
100	8.37	8	—	—
200	13.30	6	21.20	4
300	21.20	4	33.60	2
400	33.60	2	42.40	1
500	33.60	2	53.50	1/0
600	42.40	1	67.40	2/0

Nota. Tabla 250-122 puesta a tierra (Pallo et al., 2023).

Figura 27

Esquema de conexión a tierra.



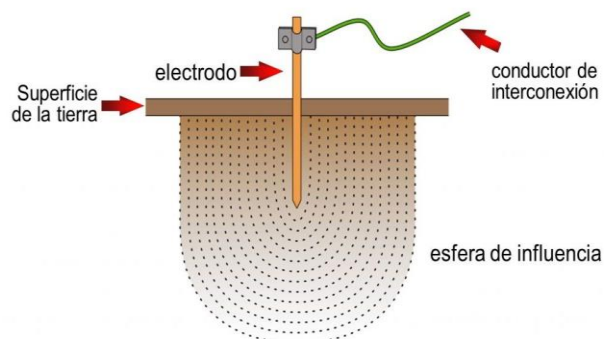
Nota. Imagen de muestra SPT según TN-C-S (Electricaplicada, 2021).

Materiales por utilizar:

- Barras de Tierra (Jabalinas).
- Conductor de Cobre Desnudo.
- Cámara de Conexión a Tierra.
- Conectores/Soldadura Exotérmica.
- Aditivos para Mejora del Suelo

Figura 28

Conexión a tierra con barra.



Nota. Funcionamiento de una barra de cobre (Norte, 2018).

3.5.1. Conductores de Puesta a Tierra

El conductor de puesta a tierra debe ser de cobre, sólido o trenzado, y estar aislado. la sección mínima del conductor de puesta a tierra debe estar adecuadamente alineada con la sección del conductor de acometida o alimentador de mayor dimensión.

Acometidas de hasta No. 2 AWG: Se debe utilizar un conductor de puesta a tierra de No. 8 AWG.

- Acometidas de No. 1 AWG a 1/0 AWG: Se requiere un conductor de puesta a tierra de No. 6 AWG.
- Acometidas de No. 2/0 AWG a 3/0 AWG: Se debe emplear un conductor de puesta a tierra de No. 4 AWG.

En viviendas de interés social y residencias suburbanas, la sección mínima del conductor de SPT debe ser de No. 8 AWG CU.

CAPITULO IV

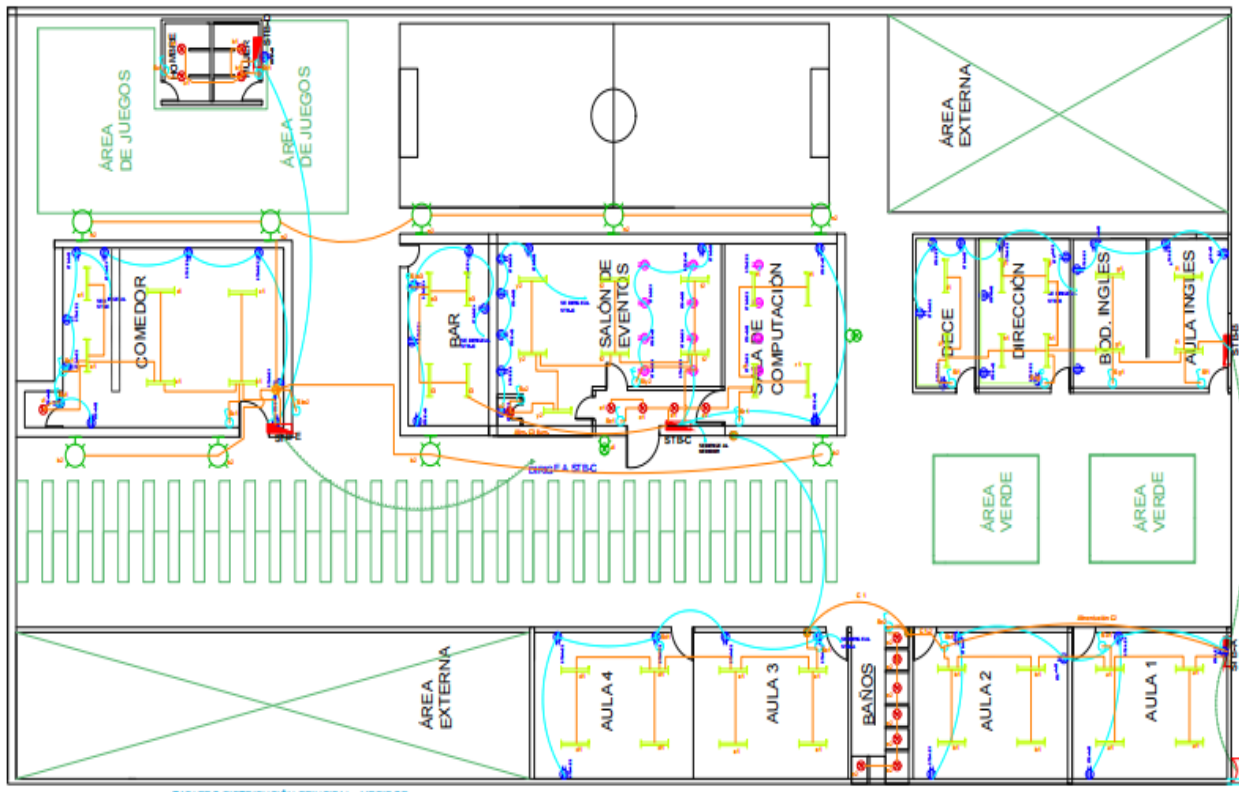
4. Evaluación y Análisis de Resultados

4.1. Desarrollo del Plano en AUTOCAD

El software AUTOCAD fue esencial para trazar el plano que guio la disposición de cada circuito durante la implementación. En este diseño se representaron con precisión las ubicaciones exactas de las nuevas luminarias, así como las distancias entre los conductores y el tablero de distribución. Cada elemento se colocó conforme al plano indicado, asegurando una instalación coherente y alineada con los requisitos del proyecto

Figura 29

Diseño Sistema de iluminación y fuerza



Nota. sistema de iluminación y fuerza AUTOCAD (Chacha,2024).

4.2. Resultados Obtenidos mediante el Cuadro de Carga

El presente estudio de carga tiene como objetivo evaluar la capacidad actual del sistema eléctrico y determinar la necesidad de una repotenciación para satisfacer la demanda creciente de energía y nivel de iluminación en las diferentes aulas. La evaluación se centra en analizar la carga actual con el fin de identificar las limitaciones de la infraestructura y dar soluciones para mejorar la capacidad y eficiencia del sistema eléctrico.

En las siguientes tablas que se podrá identificar el estudio de carga para el tablero y área correspondiente.

Tabla 29

Estudio de carga de las aulas 1, 2, 3 y 4 denominado tablero A.

SUBTABLERO A - 8P 220V 2x4 + 1x4 + 8 THHN (AU)																
WATTS FASE A	WATTS FASE B	DESCRIPCION	CANT.	Potencia Nom. (W)	Potencia total consumida (W)	FACTOR DE DEMANDA F. D	MAX DEMANDA MD (W)	VOLT AJE	FAC. POTENCIA	CORRI ENTE NOMINAL (AMP)	CORRI ENTE MAX (AMP) NEC	CALIBRE DE CODUCTOR AWG	LONGITUD	VOLTAJE PERDIDA EN EL CONDUCTOR	PROTECCIÓN	CALIBRE DE CODUCTOR
1100		CIRCUITO 1 FUERZA	11	200	2200	0,5	1100	120	0,9	10,19	12,7	12	23	2,715277778	1P-20A	12+12+14T HHN
	403	CIRCUITO 1 ILUMINACION	16	36	576	0,7	403,2	120	0,9	3,73	4,7	14	34	2,312	1P-15A	14+14THHN
2930	2930	ALIMENTACION STB C	1	7325,96	7325,96	0,8	5860,768	220	0,9	29,60	37,0	4	32	2,821431403	2P-63A	2x4+4+8T HHN
1164	1164	ALIMENTACION STB B	1	2910	2910	0,8	2328	220	0,9	11,76	14,7	10	25	2,137487038	2P-32A	2x10+10+12THHN
	44,1	CIRCUITO 2 ILUMINACION	7	9	63	0,7	44,1	120	0,9	0,41	0,5	14	23	0,1710625	1P-15A	14+14THHN
		RESERVA	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0
5194,384	4541,684	TOTAL ES			13074,96		9736,068			49,17	61,5	4	9	0	2P-63A	2x4 + 1x4 + 8 THHN (AU)

Nota: Estudio de carga de las aulas 1, 2, 3 y 4 denominado *tablero A* (Chacha,2024).

Tabla 30

Estudio de carga de las aulas administrativas he inglés denominado tablero B

SUBTABLERO B - 4P 220V 2x10 + 1x10 + 12 THHN																
WATTS FASE A	WATTS FASE B	DESCRIPCION	CANT.	Potencia Nom. (W)	Potencia total consumida (W)	FACTOR DE DEMANDA F.D	MAX DEMANDA MD (W)	VOLTAJE	FAC. POTENCIA	CORRIENTE NOMINAL (AMP)	CORRIENTE MAX (AMP) NEC	CALIBRE DE CONDUCTOR AWG	LONGITUD	VOLTAJE PERDIDA EN EL CONDUCTOR	PROTECCIÓN	CALIBRE DE CONDUCTOR
375		CIRCUITO 1 FUERZA	5	150	750	0,5	375	120	0,9	3,47	4,3	12	14	0,885416667	1P-20A	12+12+14THHN
	900	CIRCUITO 2 FUERZA	9	200	1800	0,5	900	120	0,9	8,33	10,4	12	21	3,1875	1P-20A	12+12+14THHN
252		CIRCUITO 1 ILUMINACION	10	36	360	0,7	252	120	0,9	2,33	2,9	14	24	1,02	1P-15A	14+14THHN
		RESERVA	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0
627	900	TOTALES			2910		1527				17,7					

Nota. Estudio de carga de las aulas administrativas (Chacha,2024).

Tabla 31

Estudio de carga de la sala de computación y sala de eventos denominado tablero C.

SUBTABLERO C - 12P 220V 2x4 + 1x4 + 8 THHN (AU)																
WATTS FASE A	WATTS FASE B	DESCRIPCION	CANT.	Potencia Nom. (W)	Potencia total consumida (W)	FACTOR DE DEMANDA F.D	MAX DEMANDA MD (W)	VOLT AJE	FAC. POTENCIA	CORRIENTE NOMINAL (AMP)	CORRIENTE MAX (AMP) NEC	CALIBRE DE CODUCTOR AWG	LONGITUD	VOLTAJE PERDIDA EN EL CONDUCTOR	PROTECCIÓN	CALIBRE DE CODUCTOR
	1800	CIRCUITO 1 FUERZA	9	200	1800	0,8	1440	120	0,9	13,33	16,7	12	12	1,821428571	1P-20A	12+12+14T HHN
600		CIRCUITO 2 FUERZA	6	200	1200	0,5	600	120	0,9	5,56	6,9	12	15	1,517857143	1P-20A	12+12+14T HHN
600		CIRCUITO 3 FUERZA	6	200	1200	0,5	600	120	0,9	5,56	6,9	14	18	1,821428571	1P-20A	12+12+14T HHN
	500	CIRCUITO 4 FUERZA	5	200	1000	0,5	500	120	0,9	4,63	5,8	12	22	1,85515873	1P-20A	12+12+14T HHN
126		CIRCUITO 1 ILUMINACION	5	36	180	0,7	126	120	0,9	1,17	1,5	12	15	0,31875	1P-15A	14+14THHN
202		CIRCUITO 2 ILUMINACION	8	36	288	0,7	201,6	120	0,9	1,87	2,3	14	17	0,578	1P-15A	14+14THHN
606	606	ALIMENTACION STBE	1	1513,96	1513,96	0,8	1211,168	220	0,9	6,12	7,6	12	29	3,231092121	2P-32A	2x10+10+12THHN
101		CIRCUITO 3 ILUMINACION	4	36	144	0,7	100,8	120	0,9	0,93	1,2	14	20	0,34	1P-15A	14+14THHN
	0	RESERVA	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,0	0	0	0	0	0
0	0	RESERVA	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,0	0	0	0	0	0
2234	2906	TOTALS			7325,96		4779,568				46,7					

Fuente: (Chacha,2024)

Tabla 32

Estudio de carga del área de baños denominado tablero D.

SUBTABLERO D - 2P 110 V 1x10 + 1x10 + 12 THHN																
WATTS FAS E A	WATTS FAS E B	DESCRIP CION	CA NT.	Pote ncia Nom. (W)	Poten cia total con su mida (W)	FACT OR DE DEMA NDA F. D	MAX DEMA NDA MD (W)	VOLT AJE	FAC. POTEN CIA	CORRI ENTE NOMIN AL (AMP)	CORRI ENTE MAX (AMP) NEC	CALIB RE DE CODUC TOR AWG	LONGI TUD	VOLTAJ E PERDID A EN EL CONDU CTOR	PROTEC CIÓN	CALIBR E DE CODUCT OR
100		CIRCUIT O 1 FUERZA	1	200	200	0,5	100	120	0,9	0,93	1,2	12	3	0,0505952 38	1P-20A	12+12+14 THHN
53		CIRCUIT O 1 ILUMINA CION	4	19	76	0,7	53,2	120	0,9	0,49	0,6	14	8	0,0717777 78	1P-15A	14+14TH HN
153	0	TOTAL ES			276		153,2			1,4	1,8					

Nota. Estudio de carga del área de baños (Chacha,2024).

Tabla 33

Estudio de carga del área del comedor denominado tablero E.

SUBTABLERO E - 12P 220V 2x10 + 1x10 + 12 THHN																
WATTS FAS E A	WATTS FAS E B	DESCRIP CION	CA NT.	Pote ncia Nom . (W)	Poten cia total con su mida (W)	FACT OR DE DEMA NDA F. D	MAX DEMA NDA MD (W)	VOLT AJE	FAC. POTEN CIA	CORRI ENTE NOMIN AL (AMP)	CORRI ENTE MAX (AMP) NEC	CALIB RE DE CODU CTOR AWG	LONGI TUD	VOLTAJ E PERDID A EN EL CONDU CTOR	PROTEC CIÓN	CALIBRE DE CODUCT OR
400		CIRCUITO 1 FUERZA	4	200	800	0,5	400	120	0,9	3,70	4,6	12	12	0,8095238 1	1P-20A	12+12+14T HHN
	500	CIRCUITO 2 FUERZA	5	200	1000	0,5	500	120	0,9	4,63	5,8	12	19	1,6021825 4	1P-20A	12+12+14T HHN
176		CIRCUITO 1 ILUMINA CION	7	36	252	0,7	176,4	120	0,9	1,63	2,0	14	17	0,50575	1P-15A	14+14THH N

123		ALIMENTACION STB D	1	153,2	153,2	0,8	122,56	220	0,9	0,62	0,8	12	21	0,2367636 36	1P-32A	1x10+10+1 2THHN
	315	CIRCUITO ILUMINACION EXTERIOR	9	50	450	0,7	315	120	0,9	2,92	3,6	12	35	1,859375	1P-15A	14+14THHN
0	0	RESERVA	0	0	0			0	0	0	0	0		0	0	0
699	815	T O T A L E S			2655,2		1513,96			13,5	16,9					

Nota. Estudio de carga del área del comedor (Chacha,2024).

En el estudio de carga realizado, se consideraron todos los parámetros relevantes para cada cálculo. Esto garantiza que, en caso de que la escuela decida expandir su infraestructura o cambiar las luminarias por modelos de mayor potencia, el sistema estará preparado para adaptarse sin inconvenientes. De este modo, la red eléctrica estará capacitada para soportar futuras modificaciones y cargas adicionales sin problemas.

4.3 Adquisición de materiales y elementos necesarios

Para la ejecución del proyecto, se destinó un presupuesto aproximado de 1,600 dólares estadounidenses. Este monto cubrió la adquisición de todos los materiales y componentes necesarios para la instalación. A continuación, se presenta una tabla detallada que desglosa el costo total de cada ítem adquirido, junto con su precio específico.

Tabla 34

Valor de materiales por unidad y total

CANT.	DETALLE	CANTIDAD	V. UNITARIO	UNIDAD	V.TOTAL
1	CABLE FLEXIBLE THHN 14 BLANCO	300	\$ 0,36	METROS	\$ 108,00
2	CABLE FLEXIBLE THHN 12 BLANCO	200	\$ 0,47	METROS	\$ 93,00
3	CABLE FLEXIBLE THHN 10 BLANCO	100	\$ 0,84	METROS	\$ 84,00
4	CABLE 7 HILOS N8 CONELSA-INCABLE	20	\$ 1,08	METROS	\$ 21,60
5	CABLE DE ALUMINIO 2*4+4 AWG	52	\$ 2,25	METROS	\$ 117,05
6	BREAKERS SQ ENCHUFABLE 1P 15A	8	\$ 5,80	UNIDAD	\$ 46,40
7	BREAKERS SQ ENCHUFABLE 1P 20A	10	\$ 5,80	UNIDAD	\$ 58,00
8	BREAKERS SQ ENCHUFABLE 1P 32A	1	\$ 5,80	UNIDAD	\$ 5,80
9	BREAKERS SQ ENCHUFABLE 2P 32 A	1	\$ 9,45	UNIDAD	\$ 9,45
10	BREAKERS SQ ENCHUFABLE 2P 40 A	1	\$ 9,45	UNIDAD	\$ 9,45
11	BREAKERS SQ ENCHUFABLE 2P 63 A	1	\$ 14,00	UNIDAD	\$ 14,00
12	CAJA TERMICA QOL-8 PTS 220/127 NEMA 3R	1	\$ 41,23	UNIDAD	\$ 41,23
13	INTERRUPTOR VETO VIVE SIMPLE	7	\$ 1,28	UNIDAD	\$ 8,96
14	INTERRUPTOR VETO VIVE DOBLE	1	\$ 1,68	UNIDAD	\$ 1,68

15	TOMACORRIENTO VETO DOBLE PLATA BL	8	\$ 1,35	UNIDAD	\$ 10,80
16	TAPAS DE TOMACORRIENTE DOBLE DE PISO	10	\$ 0,35	UNIDAD	\$ 3,50
17	LÁMPARA TUBO LED 18W 6500K	96	\$ 1,39	UNIDAD	\$ 133,44
18	LÁMPARA EMPOTRABLE 12W 6500K	13	\$ 6,80	UNIDAD	\$ 88,40
19	LÁMPARA SOBREPUESTO 12W 6500K	7	\$ 5,80	UNIDAD	\$ 40,60
20	FOCOS E27 15W	8	\$ 1,37	UNI	\$ 10,97
21	TAIPE NEGRO	6	\$ 1,15	UNIDAD	\$ 6,90
22	MANGUERA PVC POLIETILENO NEGRA 3/4	20	\$ 0,20	UNIDAD	\$ 3,92
23	CANAleta PLASTICA 1*1	9	\$ 1,15	UNIDAD	\$ 10,35
24	CANAleta PLASTICA 1*1,5	10	\$ 1,45	UNIDAD	\$ 14,50
25	MANGUERA ANILLADA 1"	50	\$ 0,41	UNI	\$ 20,60
26	BROCA DE CONCRETO IRWIN 1/4 6MM	2	\$ 2,40	UNIDAD	\$ 4,80
27	ALAMBRE GALVANIZADO #18	10	\$ 0,12	METROS	\$ 1,20
28	WAIPES	1	\$ 1,35	UNIDAD	\$ 1,35
29	QUITA GRASA	1	\$ 4,30	UNIDAD	\$ 4,30
30	GUANTES	1	\$ 1,75	UNIDAD	\$ 1,75
31	CAJA SOBREPUESTA BLANCA	7	\$ 1,10	UNIDAD	\$ 7,70
32	ABRAZADERAS DE 3/4	20	\$ 0,09	UNIDAD	\$ 1,84
33	TAPA CIEGA RECTANGULAR	5	\$ 0,43	UNI	\$ 2,14
34	TAPA CIEGA 12*12	5	\$ 0,28	UNI	\$ 1,42
35	PINTURA ES SPRITE NEGRO MATE	3	\$ 1,64	UNI	\$ 4,92
36	INTERRUPTOR VETO PLATA DOBLE	1	\$ 3,45	UNI	\$ 3,45
37	TIMBRE VETO PLATA SIMPLE	1	\$ 2,54	UNI	\$ 2,54
38	ESPUMA SIKA	1	\$ 5,20	UNI	\$ 5,20
39	VARILLA COPERWELL 5/8X1,8M	1	\$ 4,98	UNI	\$ 4,98
40	CONECTOR DE VARILLA COPERWELL	1	\$ 1,46	UNI	\$ 1,46
41	UNION DE DESAGUE PVC	2	\$ 2,25	UNI	\$ 4,50
42	MORTERO IMPERMEABLE 5 KG	1	\$ 4,52	UNI	\$ 4,52
43	FOCOS E27 15W	28	\$ 1,37	UNI	\$ 38,39
44	TAPON DE DESAGUE PVC	2	\$ 1,87	UNI	\$ 3,74
45	FOCO DE LTA POTENCIA 20W	3	\$ 2,83	UNI	\$ 8,49
46	PLACADE TOMACORRIENTE	10	\$ 0,48	UNI	\$ 4,80

47	AMARRAS PLASTICAS 20CM	1	\$ 5,84	UNI	\$ 5,84
48	PINTURA VERDE SRIOTE	1	\$ 4,62	UNI	\$ 4,62
49	BREAKERS DE 40A 2P	1	\$ 14,00	UNI	\$ 14,00
50	TAPA CIEGA RECTANGULAR	3	\$ 1,43	UNI	\$ 4,29
51	SILKA EMPASTE BLANCO	2	\$ 8,20	UNI	\$ 16,40
52	PLAFONES E27 BLANCO	4	\$ 1,25	UNI	\$ 5,00
53	VARILLA COPERWELL 5/8X1,8M ALTA CAMADA	1	\$ 8,54	UNI	\$ 8,54
54	CONECTOR DE VARILLA COPERWELL	1	\$ 1,46	UNI	\$ 1,46
55	MANGUERA ANILLADA 3/4"	18	\$ 0,35	UNI	\$ 6,30
56	INTERRUPTOR SIMPLE	2	\$ 1,85	UNI	\$ 3,70
57	CABLE 7 HILOS N8 CONELSA-INCABLE	18	\$ 1,08	MTRS	\$ 19,44
58	BREAKERS DE 20A 1P	7	\$ 5,83	UNI	\$ 40,84
59	BREAKERS DE 16A 1P	6	\$ 5,83	UNI	\$ 35,00
60	BREAKERS DE 32A 2P	2	\$ 14,01	UNI	\$ 28,01
61	BREAKERS DE 63A 2P	1	\$ 14,00	UNI	\$ 14,00
62	TAPA CIEGA RECTANGULAR	5	\$ 0,43	UNI	\$ 2,14
63	TAPA CIEGA 12*12	5	\$ 0,28	UNI	\$ 1,42
64	PINTURA ES SPRITE NEGRO MATE	3	\$ 1,64	UNI	\$ 4,92
65	VARILLA COPERWELL 5/8X1,8M	1	\$ 4,98	UNI	\$ 4,98
66	CONECTOR DE VARILLA COPERWELL	1	\$ 1,46	UNI	\$ 1,46
67	MANGUERA ANILLADA 1"	50	\$ 0,41	UNI	\$ 20,60
68	INTERRUPTOR VETO PLATA DOBLE	1	\$ 3,45	UNI	\$ 3,45
69	TIMBRE VETO PLATA SIMPLE	1	\$ 2,54	UNI	\$ 2,54
70	ESPUMA SIKA	2	\$ 5,20	UNI	\$ 10,40
					\$ 1.335,44
			IVA 15%		\$ 200,32
			TOTAL		\$ 1.535,75

Nota: Valores extraídos de las facturas (Propio).

4.4. Desarrollo de la implementación antes y después en las diferentes áreas.

Aula 01 En las imágenes a continuación se puede apreciar el estado previo de las instalaciones, así como la cantidad de luz disponible en las aulas antes de realizar la intervención

Figura 30

Estado de las instalaciones y cantidad de luxes



Nota: Datos antes de la repotenciación.

La selección de materiales y la implementación del diseño son fundamentales para asegurar la calidad y coherencia en cualquier proyecto.

Figura 31

Selección de materiales e implementación



Nota: Implementación de los materiales (Propio).

Funcionamiento e implementación del diseño aquí se puede observar el resultado final estético, funcional cumpliendo con los objetivos planteados

Figura 32

Implementación y resultados

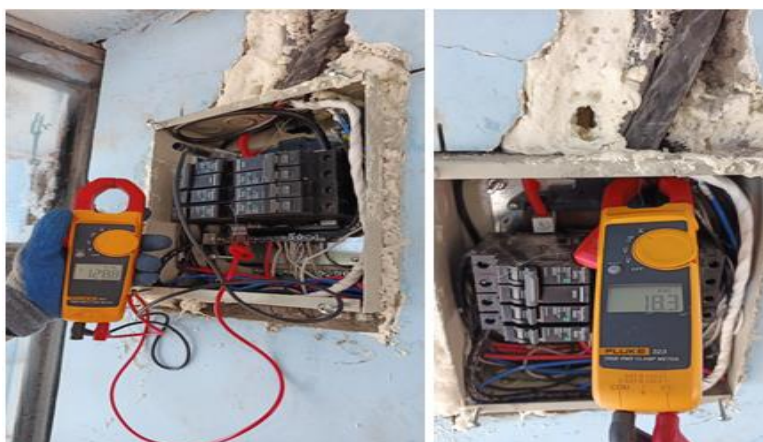


Nota: Funcionamiento e implementación de los equipos (Propio).

Mediciones en los tableros eléctricos para verificar el amperaje y el voltaje de cada circuito. Este procedimiento permitió confirmar que los valores de corriente y tensión se ajustan a los parámetros técnicos establecidos, asegurando así la estabilidad y seguridad del sistema eléctrico.

Figura 33

Medición en los tableros eléctricos



Nota: Comprobación de voltajes y carga (Propio).

4.4.1. Verificación Lumínica: Evaluación y Optimización del Sistema de Iluminación

Una vez instaladas las nuevas luminarias, se procedió a realizar las mediciones correspondientes utilizando un luxómetro. Este procedimiento permitió evaluar de manera precisa los niveles de luminosidad alcanzados. Los resultados obtenidos mostraron una notable mejora en comparación con las mediciones realizadas anteriormente. Este avance es indicativo de que se cumplieron satisfactoriamente los objetivos establecidos para el proyecto.

Con el fin de asegurar que todas las áreas intervenidas en la escuela cumplieran con los estándares de iluminación requeridos, se llevó a cabo una exhaustiva evaluación de los niveles de luminosidad. Las mediciones confirmaron que los niveles alcanzados se alinean perfectamente con las normativas vigentes que regían el rediseño y la modernización del sistema de iluminación. Este éxito en la implementación de las nuevas luminarias subraya la efectividad de las mejoras realizadas y garantiza un entorno adecuadamente iluminado y conforme a las regulaciones establecidas.

Tabla 35

Datos del antes y después

DESCRIPCION (AREA)	TOMA DE MEDIDAS ANTES (LM)	TOMA DE MEDIDAS FINAL (LM)	TOMA DE MEDIDAS SEGUN PROGRAMA (LM)	FOTOS
AULA 1	83	300	330	

AULA 2	96	336	325	
AULA 3	102	320	349	
AULA 4	42	328	337	
AULA DE INGLÉS	150	307	345	
BODEGA DE INGLÉS	192	300	345	
DIRECCIÓN	19	327	564	

DECE	130	317	412		
BAÑO DE NIÑOS	0	221	290		
SALA DE COMPUTACION	52	309	390		
SOLON DE EVENTOS	101	320	380		
COMEDOR	14	272	223		
BAÑOS DOCENTES	36	319	235		

Nota: Datos reales del antes y después (Propio).

4.4.2. Detalle de lámparas instaladas

En la siguiente tabla se puede verificar el detalle y la cantidad de lámparas utilizadas en las diferentes áreas.

Tabla 36

Detalle de la cantidad de lámparas instaladas

CANTIDAD	FABRICANTE	DESCRIPCION	POTENCIA (W)	I (A)
94	SYLVANIA	DELTAWING LED40 EB 4K 1200	18	0,15
7	SYLVANIA	PANEK LED 12W SOBRE PUESTO	12	0,1
1	SYLVANIA	PANEL LED 18 W EMPOTRADO	18	0,15
4	SYLVANIA	PANEK LED 12W SOBRE PUESTO	18	0,15
18	SYLVANIA	FOCO TOLEDO LED 12W	12	0,1

Nota: Cantidad total de lampara s instaladas en la Unidad Educativa Juan Amador (Propio).

CAPITULO V

5. Conclusiones y Recomendaciones

5.1. Conclusiones

1. El análisis realizado en la 'Escuela de Educación Básica “Juan Amador”' mostró que sus instalaciones eléctricas estaban en muy malas condiciones. Esto hace urgente llevar a cabo un cambio significativo, ya que hay múltiples riesgos involucrados, especialmente la posibilidad de cortocircuitos.

2. Después de examinar cada aula, se detectaron empalmes en mal estado, cables sobrecalentados, instalaciones sin la protección adecuada y cables sueltos. Por estas razones, se decidió realizar un cambio total en algunas áreas y reutilizar en otras, asegurándonos de cumplir con los estándares eléctricos y de seguridad.

3. Se determina que, para instalar un sistema de puesta a tierra de manera eficiente, es fundamental conocer el valor de la resistividad del terreno. Este valor puede cambiar según diversos factores, los cuales se detallan en este documento, y es clave para asegurar el correcto funcionamiento del sistema.

4. Los resultados de la implementación confirmaron que el nivel de iluminación era el adecuado con la ayuda de softwares de simulación como es el DIALux. Además, se verificaron los resultados obtenidos del diseño e implementación mediante el “luxómetro”, logrando las metas planteadas al inicio del proyecto.

5.2. Recomendaciones

1. Se recomienda realizar un cronograma de mantenimiento preventivo y predictivo, esto garantiza la vida útil de equipos electrónicos y la seguridad de estudiantes, cuerpo administrativo, docentes etc. para mantener una instalación óptima, se recomienda que un profesional revise y supervise periódicamente el trabajo que se va a realizar.

2. Para garantizar el correcto funcionamiento de las instalaciones eléctricas, se recomienda que los diseños se ajusten a los códigos eléctricos actuales vigentes como NTE INEN, NEC o IEC. Es muy importante elegir materiales y componentes de alta calidad que sean compatibles con los sistemas existentes y aporten durabilidad y eficiencia energética.

3. Se recomienda mitigar la operación de las instalaciones eléctricas por parte de personas ajenas puede resolver el problema temporalmente, pero causará dificultades a largo plazo. Es decir, su actuación profesional evitará accidentes en el futuro.

BIBLIOGRAFIA

- Arévalo, C., & Fernando, D. (2021). Análisis de los sistemas de iluminación utilizados en los sitios recreativos, en zonas de presencia delictiva de la ciudad de Cuenca.
- Figuera, J., & Guerrero, J. (2023). Instalaciones eléctricas residenciales. Marcombo.
- Gavilanes, B. J. R. (2019). DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL DE ILUMINACIÓN PARA EL SALÓN 216B DEL EDIFICIO DE AULAS Y RELACIÓN CON EL MEDIO EXTERNO (EARME) DE LA EPN.
<https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/20894/1/CD%2010414.pdf>
- Jiménez, B., Rico, A., Jiménez, B., & Rico, A. (2021). Cálculo del flujo luminoso total necesario.
- Mejía, L. A. V. (2024). AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR.
- Miranda, A. C. P. (2020). Análisis del Plan Nacional de Eficiencia Energética en el Ecuador. Revista de Investigaciones en Energía Medio Ambiente y Tecnología RIEMAT ISSN 2588-0721, 5(1), Article 1. <https://doi.org/10.33936/riemat.v5i1.2500>
- Muñoz-Muñoz, E. A., Cornejo-Delgado, W. A., & Moreano-Alvarado, M. (2020). Mejora del alumbrado público mediante software de diseño lumínico DIALux: Artículo de revisión bibliográfica. Revista Científica de Educación Superior y Gobernanza Interuniversitaria Aula 24 - ISSN: 2953-660X, 1(1), Article 1.
- Pallo, M. M., Flores, R. S., Villacís, J. N., & Núñez, R. T. (2023). Repotenciación de las instalaciones de bajo voltaje mediante el rediseño eléctrico para mejorar su eficiencia. Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS, 5(4), 706-718.
<https://doi.org/10.59169/pentaciencias.v5i4.786>
- Parra Martinez David Esteban. (2021). REPOTENCIACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE LAS AULAS 7, 8 Y 9 DE LA ESFOT.
<https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/21919/1/CD%2011403.pdf>
- Solís, L. D. Z. (2022). INGENIERO EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL.
- Wei, H. (2020). Using AutoCAD Software to Assist in Analyzing the Application of Modern Machinery Manufacturing Technology and Processing Technology. Journal of Physics: Conference Series, 1648(2), 022071. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1648/2/022071>

Electric, S. (09 de 07 de 2024). *Protecciones electricas residenciales*. Obtenido de Protecciones electricas residenciales: <https://es.slideshare.net/slideshow/protecciones-elctricas-residenciales/48189093>

Electricaplicada. (18 de 10 de 2021). *Conexion correcta de sistema de puesta a tierra*. Obtenido de Conexion correcta de sistema de puesta a tierra: <https://electricaplicada.com/conexion-correcta-de-sistemas-de-puesta-a-tierra/>

NEC. (01 de 02 de 2018). *Normativa ecuatoriana de la construccion*. Obtenido de Normativa ecuatoriana de la construccion: chrome-extension://kdpelmjpfafjppnhbloffcjpeomlnpah/<https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/2023/03/1.-NEC-SB-Instalaciones-Elctricas.pdf>

ANEXOS

- Implementación de circuito de iluminación aulas 1-4 y baños de alumnos.

Anexo A



Anexo B



Anexo C



Anexo D



- Implementación de acometida para tablero C, ubicado en el área de computación

Anexo E



Anexo F



Anexo G



- Instalación de tablero eléctrico Bifásico de 8P-220V, para la derivación de los nuevos circuitos y la alimentación de los tableros C y B.

Anexo H



Anexo I



- Implementación de instalación de piezas eléctricas y trabajos varios.

Anexo J



Anexo K



- Instalación de puesta a tierra para tablero principal y medidor eléctrico

Anexo L



Anexo M

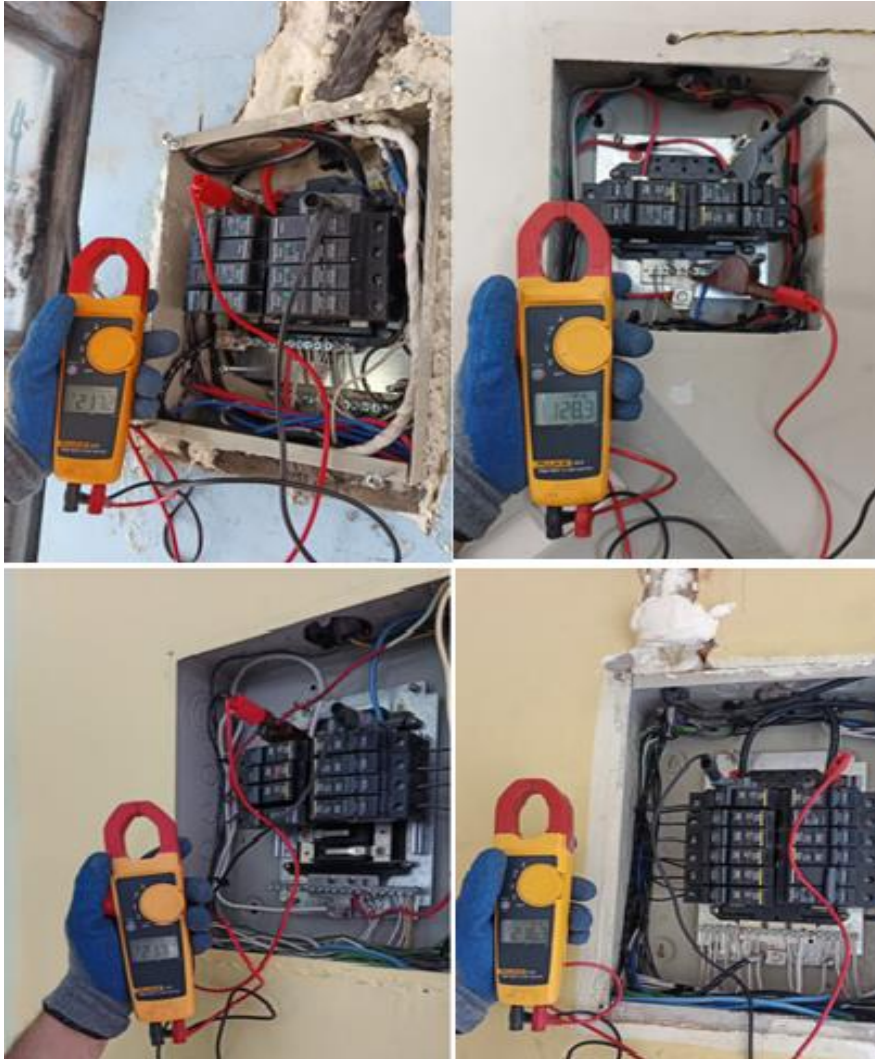


Anexo N



- Resultados obtenidos; toma de voltajes fase más neutro tableros eléctricos A, B, C y D

Anexo O



- Resultados obtenidos; toma de voltajes contador de energía, tableros eléctricos A y C

Anexo P



- Resultados de luminosidad Aulas 1, 2, 3, 4

Anexo Q



Anexo R



- Resultados obtenidos; Aula de inglés, bodega de inglés, Dirección, Dece

Anexo S



Anexo T



- Resultados obtenidos: Área de computación, sala de eventos, comedor

Anexo U



- Resultados obtenidos en los baños

