

Pregrado

Carrera: ELECTRICIDAD

Asignatura (UIC): DESARROLLO DE PROYECTOS ELECTRICOS

**Trabajo de titulación previo a la obtención del
Título en: TECNOLOGIA SUPERIOR EN ELECTRICIDAD**

**Tema: REDISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LAS
INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE FUERZA E ILUMINACIÓN DE
5 AULAS DE LA UNIDAD EDUCATIVA “PÍO JARAMILLO” EN LA
PROVINCIA DE PASTAZA**

Autor/s: ANGEL MARCELO MOYA CUEVA

Tutor metodológico: ING. FERNANDO JÁCOME, MSC.

Tutor Técnico: ING. PATRICIO PAREDES, MSC.

Sangolquí, agosto de 2024



Autor:



MOYA CUEVA ANGEL MARCELO

**Título a obtener: TECNOLOGO SUPERIOR EN
ELECTRICIDAD**

Matriz: Sangolquí -Ecuador

Correo electrónico: angel.moya@ister.edu.ec

Dirigido por:



JACOME SAGÑAY FERNANDO JAVIER

**Título: MASTER EN INTELIGENCIA ARTIFICIAL
APLICADA A LA ENERGIA Y LAS
INFRAESTRUCTURAS**

Matriz: Sangolquí -Ecuador

Correo electrónico: Fernando.jacome@ister.edu.ec

Tutor Técnico:



PAREDES PUCACHAQUI EDISON PATRICIO

Título: MASTER EN ENERGIAS RENOVABLES

Matriz: Sangolquí -Ecuador

Correo electrónico: edison.paredes@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

MOYA CUEVA ANGEL MARCELO

REDISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE FUERZA E ILUMINACIÓN DE 5 AULAS DE LA UNIDAD EDUCATIVA “PÍO JARAMILLO” EN LA PROVINCIA DE PASTAZA.TEMA DE UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

**CARTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN**

CT-ANX-2024-ISTER-6-6.2

Sangolquí, 18 de octubre del 2024

**MSc. Elizabeth Ordoñez
DIRECTORA DE DOCENCIA**

**MSc. Mónica Loachamín
COORDINADORA DE TITULACIÓN**

**INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO RUMIÑAHUI CON CONDICIÓN DE
UNIVERSITARIO**

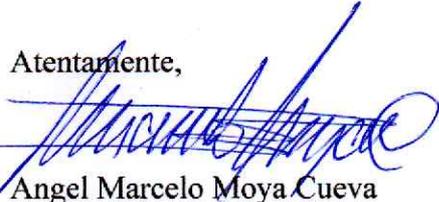
Presente

Por medio de la presente, yo, ANGEL MARCELO MOYA CUEVA declaro y acepto en forma expresa lo siguiente: Ser autor del trabajo de titulación denominado "REDISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE FUERZA E ILUMINACIÓN DE 5 AULAS DE LA UNIDAD EDUCATIVA "PÍO JARAMILLO" EN LA PROVINCIA DE PASTAZA", de la Tecnología Superior en ELECTRICIDAD; y a su vez manifiesto mi voluntad de ceder al Instituto Superior Tecnológico Rumiñahui con condición de Universitario los derechos de reproducción, distribución y publicación de dicho trabajo de titulación, en cualquier formato y medio, con fines académicos y de investigación.

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

En fe de lo cual, firmo la presente.

Atentamente,



Angel Marcelo Moya Cueva
C.I.: 1600355513

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

CT-ANX-2024-ISTER-1

CARRERA:
TECNOLOGÍA SUPERIOR EN ELECTRICIDAD

AUTOR /ES:
ANGEL MARCELO MOYA CUEVA

TUTOR:
ING. FERNANDO JÁCOME, MSC.

CONTACTO ESTUDIANTE:
0987453133

CORREO ELECTRÓNICO:
angel.moya@ister.edu.ec

TEMA:
REDISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE
FUERZA E ILUMINACIÓN DE 5 AULAS DE LA UNIDAD EDUCATIVA “PÍO
JARAMILLO” EN LA PROVINCIA DE PASTAZA

OPCIÓN DE TITULACIÓN:
TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

RESUMEN EN ESPAÑOL:

"Rediseño e Implementación de las Instalaciones Eléctricas de Fuerza e Iluminación de 5 Aulas de la Unidad Educativa 'Pío Jaramillo' en la Provincia de Pastaza"

El proyecto se enfoca en la modernización de los sistemas eléctricos para mejorar la eficiencia energética y la seguridad en las aulas mediante simulador DIALux. Este rediseño incluye la instalación de sistemas de iluminación LED, que proporcionan una mayor eficiencia luminosa y una vida útil prolongada en comparación con los sistemas menos eficientes en Iluminación. Además, se han completado instalaciones eléctricas de fuerza para asegurar una distribución equilibrada de la carga eléctrica, evitando sobrecargas y reduciendo el riesgo de fallos eléctricos.

El proyecto también incorpora sistemas de protección eléctrica, como interruptores termomagnéticos, correctamente dimensionados, para salvaguardar tanto a los usuarios como los equipos. La implementación de un cableado y la optimización de la distribución de las tomas eléctricas garantizan la seguridad y funcionalidad de las instalaciones. En conjunto, estas mejoras no solo cumplen con las normativas vigentes de seguridad eléctrica, sino que también proporcionan un entorno más seguro y eficiente para los estudiantes y el personal educativo.

PALABRAS CLAVE:

DIALux, Temperatura del color, lux

ABSTRACT:

"Redesign and Implementation of the Electrical Power and Lighting Installations of 5 Classrooms of the 'Pío Jaramillo' Educational Unit in the Province of Pastaza"

The project focuses on the modernization of electrical systems to improve energy efficiency and safety in classrooms using the DIALux simulator. This redesign includes the installation of LED lighting systems, which provide greater luminous efficiency and long life compared to less efficient lighting systems. In addition, electrical power installations have been completed to ensure a balanced distribution of the electrical load, avoiding overloads and reducing the risk of electrical failures.

The project also incorporates electrical protection systems, such as thermomagnetic switches, correctly sized, to safeguard both users and equipment. The implementation of wiring and the optimization of the distribution of electrical outlets guarantee the safety and functionality of the facilities. Together, these improvements not only comply with current electrical safety regulations, but also provide a safer and more efficient environment for students and educational staff.

PALABRAS CLAVE:

DIALux, Color temperature, lux.

SOLICITUD DE PUBLICACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CT-ANX-2024-ISTER-2
Sangolquí, 18 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: ANGEL MARCELO MOYA CUEVA, con C.I.: 1600355513 alumno de la Carrera. ELECTRICIDAD

Atentamente,



Firma del Estudiante
C.I.: 1600355513

SÓLO PARA USO DEL ISTER

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 ____ / ____ / ____

DEDICATORIA

A mi esposa, Verónica , a mis hijas Bianca, Kayla y Anahí, que han sido el motor que me impulsó, en el tiempo de estudios, noches de sacrificio, privándonos de tiempo en familia lo cual valoro mucho, para cumplir esta meta en mi vida profesional, a mis padres, por su apoyo y guía y a Dios, por otorgarme la bendición de la salud y lucidez para culminar con éxito esta carrera, que me lleno de orgullo de ejercer por varios años, muchas gracias los amo a todos y los llevo presente siempre en mis pensamientos y mi corazón.

AGRADECIMIENTOS

El reconocimiento, infinito, al Universitario Rumiñahui, a sus autoridades, por brindar la oportunidad que personas de todo el territorio ecuatoriano, realicen sus estudios superiores, y obtengan un título de tercer nivel en una institución de prestigio como esta, a los docentes que fueron un soporte fundamental en el aprendizaje, que sin egoísmo alguno, impartieron su basta experiencia y conocimiento, para el aprendizaje de todos los estudiantes, a mis compañeros de aulas que fueron un grupo que colaboraron en absolver las inquietudes que se presentaban en el transcurso de las tareas e investigaciones , encomendadas en el ámbito del aprendizaje, un infinito agradecimiento.

RESUMEN

"Rediseño e Implementación de las Instalaciones Eléctricas de Fuerza e Iluminación de 5 Aulas de la Unidad Educativa 'Pío Jaramillo' en la Provincia de Pastaza"

El proyecto se enfoca en la modernización de los sistemas eléctricos para mejorar la eficiencia energética y la seguridad en las aulas mediante simulador DIALux. Este rediseño incluye la instalación de sistemas de iluminación LED, que proporcionan una mayor eficiencia luminosa y una vida útil prolongada en comparación con los sistemas menos eficientes en Iluminación. Además, se han completado instalaciones eléctricas de fuerza para asegurar una distribución equilibrada de la carga eléctrica, evitando sobrecargas y reduciendo el riesgo de fallos eléctricos.

El proyecto también incorpora sistemas de protección eléctrica, como interruptores termomagnéticos, correctamente dimensionados, para salvaguardar tanto a los usuarios como los equipos. La implementación de un cableado y la optimización de la distribución de las tomas eléctricas garantizan la seguridad y funcionalidad de las instalaciones. En conjunto, estas mejoras no solo cumplen con las normativas vigentes de seguridad eléctrica, sino que también proporcionan un entorno más seguro y eficiente para los estudiantes y el personal educativo.

Palabras clave: DIALux, Temperatura del color, lux.

ABSTRACT

"Redesign and Implementation of the Electrical Power and Lighting Installations of 5 Classrooms of the 'Pío Jaramillo' Educational Unit in the Province of Pastaza"

The project focuses on the modernization of electrical systems to improve energy efficiency and safety in classrooms using the DIALux simulator. This redesign includes the installation of LED lighting systems, which provide greater luminous efficiency and long life compared to less efficient lighting systems. In addition, electrical power installations have been completed to ensure a balanced distribution of the electrical load, avoiding overloads and reducing the risk of electrical failures.

The project also incorporates electrical protection systems, such as thermomagnetic switches, correctly sized, to safeguard both users and equipment. The implementation of wiring and the optimization of the distribution of electrical outlets guarantee the safety and functionality of the facilities. Together, these improvements not only comply with current electrical safety regulations, but also provide a safer and more efficient environment for students and educational staff.

Keywords: DIALux, Color temperature, lux.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	6
ABSTRACT.....	7
CAPÍTULO I	13
1. Introducción.....	13
1.1. Planteamiento del Problema	13
1.2. Justificación	14
1.3. Alcance	14
1.4. Objetivos Generales y Específicos.....	15
CAPÍTULO II	16
2. Marco Teórico.....	16
2.1. Principios sobre las Instalaciones en el Ámbito Residencial en General	16
2.2. Código de Colores para Conductores	18
2.3. Cálculo de Varilla a Tierra.....	19
2.4. Aspectos Técnicos para la Instalación de Elementos Eléctricos	19
2.5. Caída de Tensión.....	29
CAPÍTULO III.....	31
3. Diseño e Implementación.	31
3.1. Normativa Europea para Iluminación UNE 12464.1	31
3.2. Calculo de Iluminación Método de Lúmenes	34
3.3. Cálculo de Flujo Luminoso.....	37
3.4. Simulación del Rediseño de Aulas en la UE “Pío Jaramillo”.....	47
3.5. Implementación de Rediseño Eléctrico	49
CAPÍTULO IV.....	61
4. Pruebas, Resultados y Discusión.	61
CAPÍTULO V	68
5. Conclusiones y Recomendaciones.....	69

5.1. Conclusiones	69
5.2. Recomendaciones	70
BIBLIOGRAFÍA	71
ANEXOS	73

LISTA DE TABLAS

Tabla 1	Tabla de Valores en la Demanda	16
Tabla 2	Vivienda Según su Área	16
Tabla 3	Aparatos Especiales	17
Tabla 4	Capacidad de Corriente.....	18
Tabla 5	Código de Colores	18
Tabla 6	Características interruptores	20
Tabla 7	Características conmutador.....	21
Tabla 8	Características de tomacorrientes	21
Tabla 9	Características de los Interruptores Termomagnéticos.....	23
Tabla 10	Características de portalámparas	24
Tabla 11	Parámetros de iluminación para establecimientos educativos.....	27
Tabla 12	Tabla de reflexión	36
Tabla 13	Factores de utilización	36
Tabla 14	Coefficiente de mantenimiento	37
Tabla 15	Cálculo corrientes en los circuitos de iluminación	40
Tabla 16	Capacidad de protección según el calibre de conductores.....	40
Tabla 17	Características conductor para iluminación.....	41
Tabla 18	Características técnicas de conductores THHN.....	41
Tabla 19	Resumen porcentaje caída de voltaje en circuitos de iluminación	42
Tabla 20	Resumen para dimensionar la protección termomagnética	43
Tabla 21	Resumen de corrientes en circuitos de fuerza.....	44
Tabla 22	Dimensionamiento para conductor de tierra en tomacorrientes	45
Tabla 23	Cálculo de caída de tensión en circuitos de tomacorrientes	46
Tabla 24	Dimensionamiento de protecciones	47
Tabla 25	Ubicación de las luminarias dentro del aula escolar.....	49
Tabla 26	Resumen caída de tensión Iluminación	62
Tabla 27	Resumen de lecturas tomadas con el Luxometro.....	65
Tabla 28	Medición de Varilla de tierra	66
Tabla 29	Resumen de corrientes en centros de carga	68

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Diagrama de Conexión de Interruptores.....	20
Figura 2 Conexión de conmutadores	21
Figura 3 Instalación de tomacorrientes	22
Figura 4 Curvas de disparo de disyuntor termomagnético.	23
Figura 5 Portalámparas	24
Figura 6 Lámparas led	25
Figura 7 Temperatura del color.....	25
Figura 8 Software DIALux	26
Figura 9 Ejemplo de Diagrama Unifilar	29
Figura 10 Centro de carga.....	30
Figura 11 Iluminación existente en aula inicial 1	31
Figura 12 Iluminación existente en 2do de básica	32
Figura 13 Plano de trabajo y alturas del aula	34
Figura 14 Formulas para fijar altura de la instalación	35
Figura 15 Luminaria utilizada para simulación en DIALux.....	47
Figura 16 Resultados de iluminación media.....	48
Figura 17 Nivel lumínico dentro del aula escolar.....	48
Figura 18 Plano de levantamiento Inicial 1-2.....	51
Figura 19 Levantamiento Inicial 1-2.....	50
Figura 20 Plano de Rediseño inicial 1-2.....	52
Figura 21 Implementación Inicial1-2.....	53
Figura 22 Levantamiento inicial 1ro de Básica	54
Figura 23 Fotografía levantamiento 1ro de Básica	53
Figura 24 Implementación 1ro de Básica	54
Figura 25 Implementación de 1ro de Básica.....	55
Figura 26 Plano de levantamiento 2do - 3ro EGB.....	56
Figura 27 Fotografía levantamiento inicial EGB.....	55
Figura 28 Plano de Rediseño de 2do- 3ro EGB.....	57
Figura 29 Implementación 2do, 3ro EGB.....	58
Figura 30 Instalación de Varilla a Tierra	58
Figura 31 Instalación de Tomacorrientes.....	59

Figura 32	Instalación de centros de carga.....	60
Figura 33	Pinza amperimétrica Fluke	61
Figura 34	Voltaje Aula mas alejada.....	62
Figura 35	Resumen caída de tensión en tomacorrientes.....	63
Figura 36	Voltaje de los tomacorrientes en el circuito mas alejado	64
Figura 37	Luxometro, U NI-T modelo UT383.....	65
Figura 38	Descripción de lecturas de tierra física.....	67
Figura 39	Verificación de tierra física en tomacorrientes.....	67
Figura 40	Centro de carga con protecciones dimensionadas	68

CAPÍTULO I

1. Introducción.

El propósito de este proyecto se basa en aplicar la responsabilidad social, ante una necesidad, de una institución educativa como es la “UE PIO JARAMILLO”, ubicada en la parroquia rural llamada Fátima ubicada en la Provincia de Pastaza. Con esta colaboración de carácter técnico, se pretende, implementar mejoras en todo el sistema eléctrico, de las aulas escolares cuyo propósito es contar con instalaciones en buen estado, es muy importante, implementar conexiones eléctricas seguras que eviten accidentes.

Una vez que se ha dado la aceptación por parte la institución educativa para la ejecución del proyecto, se ha procedido a levantar la información inicial del estado, en las instalaciones eléctricas, encontrando una, infraestructura eléctrica, en algunas aulas inexistentes, en otras, sin elementos de encendido, cables, y tuberías de conducción, o sin sujeción, sueltas flojas, sin los más básicos parámetros de seguridad para todos los niños que estudian en este centro educativo.

La inexistencia de una básica, norma de seguridad como es la protección a tierra, que debe encontrarse conectada, al sistema, no se ha instalado debido, al descuido y desatención, y nulo, mantenimiento, correctivo, en las aulas de esta unidad educativa, se puede afirmar, sin lugar a dudas, que es urgente su rediseño, y corrección con el fin de garantizar la integridad de los estudiantes, y docentes.

Tomando en cuenta que este proyecto se trata de poner en práctica todos los conocimientos adquiridos y las normas aplicables, como es la NEC, y resoluciones aplicables en este caso.

Se realizará el trabajo de tal manera que se pueda brindar, una instalación acorde y brindando toda la seguridad del caso, a los usuarios de esta unidad educativa.

1.1. Planteamiento del Problema

La UE “Pío Jaramillo”, es una institución educativa fiscal, ubicada en un sector rural de la provincia de Pastaza, el Distrito de Educación 16D01 Pastaza-Mera-Santa Clara al no contar con presupuesto del estado, para mantenimiento de las instalaciones eléctricas o tener personal técnico que proporcione una solución, de los problemas eléctricos presentados en las diferentes Unidades Educativas, estas se encuentran, en malas condiciones.

Se encuentran instalaciones, que no cuenta con los más básicos estándares de calidad lo que ha hecho que existan inconvenientes como variaciones de voltaje, quema de aparatos

eléctricos de apoyo, daño de instalaciones y cortocircuitos.

Se puede determinar al revisar con detalle, que, existen varios problemas, en la mayoría de aulas, se encontrado un recalentamiento de los conductores por, encontrarse directamente, anclado a la estructura metálica, lo que ha ocasionado contacto a tierra, teniendo cortocircuitos, variaciones de voltaje, que ocasionan daño de los componentes eléctricos, además de la energización de parte de la estructura en las aulas escolares poniendo en peligro, la integridad de los estudiantes docentes y padres de familia, que conforman la comunidad educativa.

El dimensionamiento de protecciones, para unas aulas que se ha encontrado, hasta de 80 A, nos hace reflexionar, que hay un peligro latente, de presentarse un cortocircuito, las instalaciones posiblemente se incendien por no contar con un correcto cálculo para la colocación de protecciones, por eso es necesario, solucionar este problema que está presente en esta instalación eléctrica.

La falta de accesorios en unas aulas hace que los estudiantes y maestro enciendan de manera manual, es decir uniendo los conductores, lo que ha causado varias descargas eléctricas, a los maestros, unas aulas ni siquiera cuentan con iluminación operativa, o están dañadas.

En varios lugares existen conductores sin aislar, sin tomacorrientes, sin tapas de las cajas térmicas, lo que representa un potencial peligro a todos los niños y docentes de la UE “Pío Jaramillo”.

1.2. Justificación

El presente proyecto, se planteó, rediseñar el conexionado eléctrico del centro educativo, garantizar su correcto dimensionamiento y ejecución, aplicando las normas vigentes, y colocando las protecciones adecuadas en base al cálculo previo, para evitar energizaciones imprevistas, cortocircuitos o problemas mayores en la parte de las instalaciones eléctricas, compensando el descuido que es responsabilidad del estado, de un centro educativo rural vulnerable, y que educa, a varios estudiantes con necesidades educativas especiales.

1.3. Alcance

La Unidad Educativa está dividida en una infraestructura hasta básica media y en otro lugar funciona el bachillerato.

Se plantea el rediseño de 5 aulas de estudio y una batería sanitaria, con el siguiente detalle de áreas a intervenir:

Inicial 1 con 42 mt²

Inicial 2 con 42mt2

1ro de básica con 42 mt2

2do de básica con 42 mt2

3ro de básica con 42 mt2

Batería sanitaria 20 mt2

Se realizará un levantamiento inicial de cómo se encuentran las instalaciones eléctricas en general. Se va a rediseñar la iluminación, y tomacorrientes, por cada aula de estudio y en la batería sanitaria se plantea un circuito de iluminación, además de un pasillo pequeño en los exteriores de 2do y 3ro de básica.

Los circuitos serán protegidos, por una caja térmica que será distribuida de tal manera que las protecciones queden perfectamente definida y señalizada.

También contempla la verificación y puesta en marcha del proyecto, y un plan de mantenimiento periódico, que se deberá realizar para conservar en buen estado, las instalaciones eléctricas, remodeladas.

1.4. Objetivos Generales y Específicos

1) **Objetivo General.** Rediseñar e implementar el circuito eléctrico de iluminación y fuerza, de las 5 aulas, desde Inicial 1 a 3ro de EGB. Instalando nuevos puntos de, iluminación, tomacorrientes, y toma a tierra acorde a la norma, NEC.

2) Objetivos Específicos

- Inspeccionar y levantar la información acerca del estado inicial, de las instalaciones eléctricas de las 5 aulas de la UE “Pío Jaramillo”.
- Diseñar los circuitos de protección, fuerza e iluminación de las 5 aulas del centro educativo.
- Verificar y simular en Software DIA lux de las aulas propuestas.
- Instalar el nuevo cableado eléctrico, en cada aula.
- Reemplazar componentes eléctricos en mal estado, como tomacorrientes, luminarias e interruptores.
- Instalar la puesta a tierra.
- Dimensionar y colocar correctamente las protecciones termo magnéticas que corresponden a cada circuito.

CAPÍTULO II

2. Marco Teórico.

2.1. Principios sobre las Instalaciones en el Ámbito Residencial en General

Todas las conexiones eléctricas residenciales, deben cumplir consideraciones mínimas de seguridad en concordancia con normas establecidas para estos fines, la norma NEC, que se emplea para estos, casos, tiene consideraciones técnicas y emplea los cálculos necesarios para garantizar en primer lugar la integridad humana y salvaguardar los artefactos eléctricos.

1) **Investigación de la Demanda.** La demanda que se analiza, recoge todas las instalaciones, y puntos de carga que vayan a ser instalados en una vivienda, edificio, industria etc., el cual debe ser estudiado, y aplicado, diferentes factores de demanda, con lo cual se determinará cual es consumo real que va a tener las diferentes instalaciones, a realizarse. Dentro de los cuales, la NEC, nos dispone lo siguiente:

- Tiene varios parámetros que debemos considerar:
- Para iluminación, cada luminaria no debe exceder los 100W.
- Para Fuerza, cada tomacorrientes no debe exceder los 200 W.
- Cargas especiales, según la NEC, se consideran > a 1500W.

2) **Demanda para la Iluminación y Fuerza.** A continuación, detallaremos las constantes de la demanda, que la NEC dispone en iluminación y fuerza.

Tabla 1 Tabla de Valores en la Demanda

Vivienda Tipo	FD	FD
	Iluminación	Tomacorrientes
Pequeña - mediana	0,70	0,50
Mediana- grande	0,55	0,40
Especial	0,53	0,30

Nota: Tomado de " Norma NEC"

3) **Descripción de la Vivienda por Área.** La vivienda se puede clasificar según el tamaño de la edificación se puede detallar en base a una tabla según la (NEC_BO-Instalaciones Eléctricas 2018) se puede clasificar de la siguiente manera, que se podrían dividir en 5 grandes grupos como se describe y se detalla:

Tabla 2 Vivienda Según su Área

Tipo de vivienda	Tamaño construcción (m ²)	Número 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: Tomado de “ Norma NEC”

- 4) **Cargas Especiales.** Al calcular la carga instalada de la casa proyectada, se deben tener en cuenta no solo las cargas de iluminación y los enchufes comunes, sino también la potencia de las características particulares.

El valor especificado sólo se considerará si no hay ningún valor concreto disponible.

Tabla 3 Aparatos Especiales

Equipo Eléctrico	Potencia Media (W)
Ducha eléctrica	3.500
Horno eléctrico	3.000
Cocina eléctrica	6.000
Calefón eléctrico	8.000
Aire acondicionado	2.500
Calentador eléctrico	3.000
Cargador para vehículo eléctrico	7.500

Nota: Tomado de “ Norma NEC”

- 5) **Protecciones de Sobre Corriente en Instalaciones Eléctricas.** Según la NEC, existen cuatro condicionamientos que deben cumplir los interruptores termo magnéticos, que son los siguientes:

- Dimensionamiento, debe concordar con el corriente del aparato a proteger
- Obligatoriamente deben estar en tableros que se dispongan para distribución
- Deben cumplir con un grado, de aislamiento.
- Las cargas de la estufa eléctrica, debe tener una protección, mínimo de 40 A, bipolar, que se alojara en el tablero.

- 6) **Circuitos en Instalaciones Eléctricas.** Para que la vivienda cuente con sus propios puntos de luminarias, enchufes y cargas específicas, amerita que la construcción cuente con circuitos de iluminación, enchufes y cargas especiales separados entre sí. La (NEC, 2018) indica una sobrecarga de 25 % de la corriente a plena de carga, para que los conductores de alimentación y de circuito puedan manejar el voltaje.
- Cada circuito eléctrico debe tener su propio cable neutro o de tierra.
 - Cada circuito eléctrico debe tener su propio dispositivo de protección.
 - No se permite compartir servicios entre diferentes pisos o niveles de la casa.
- 7) **Circuitos de Lámparas.** El circuito de iluminación máximo debe conectarse de 15 puntos de luz y una corriente límite de 15 amperios. (NEC, 2018).
- 8) **Circuitos de Tomacorrientes.** Los circuitos de fuerza se diseñarán considerando la polarización (F. N., y conectado o aterrizado) para tener máximo una carga de 20 amperios por circuito y no más de 10 tomas (NEC, 2018)
- 9) **Capacidad de Corriente de los Conductores.** El calibre de conductores debe calcularse con una sobrecarga de 25% de acuerdo a la norma vigente.
- En los circuitos de Iluminación del conductor mínimo es, 14 AWG, y en los tomacorrientes el cable mínimo 12 AWG, tiene que estar compuestos de cobre THHN.

Tabla 4 Capacidad de Corriente

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

Nota: Tomado de " Norma NEC"

2.2. Código de Colores para Conductores

La codificación de los colores debe seguirse según la norma vigente en este caso según la NEC, dispone la codificación según la tabla que se describe a continuación.

Tabla 5 Código de Colores

Conductor	Color
Neutro	Blanco
Tierra	Verde, verde con franja amarilla
Fase	Rojo azul, negro, amarillo o cualquier otro color diferente a neutro y tierra

Nota: Tomado de " Norma NEC"

2.3. Cálculo de Varilla a Tierra

La instalación de varilla a tierras estas diseñadas para brindar protección a todos los circuitos en electricidad son aterrizados y que ciudadanos sufran accidentes al estar en contacto tengan una diferencia de potencial al que superen los límites establecidos que podrían soportar una persona cuando está expuesto a una falla. El propósito de instalar a tierra, son los siguientes:

- Precautelar la integridad de las personas.
- Establecer una alerta de falla que abra las protecciones y evitar la distorsión de aparatos electrónicos.
- Se debe tomar en cuenta según la NEC, todos los circuitos de fuerza deben tener su conductor independiente del conductor neutro hasta los subtableros.

En el tablero principal se debe instalar una interconectarse en una barra de tierra con la de neutro. Todos los componentes que corresponden a partes eléctricas deben ponerse a tierra correctamente ajustados.

- 1) ***Electrodos y Conductores de una Instalación a Tierra.*** Las varillas son electrodos conocidos como varillas para aterrizar, tienen un baño de cobre pero su constitución principal es el acero, generalmente su diámetro se sitúa en 16 mm, e 1.80 mt de largo. Los conductores, que se utilizan, debe ser de cobre, solido o cableado, aislado. La mínima medida debe, estar acorde con el tamaño mayor de la acometida y debe guardar una relación: # 8 AWG para conductor, hasta # 2 AWG de acometida, # 6 AWG para conductores de #1 a 1/0 AWG para acometida, # 4 AWG para conductores de # 2/0 a 3/0 AWG de acometida.

2.4. Aspectos Técnicos para la Instalación de Elementos Eléctricos

Según la norma NEC, debemos seguir los siguientes para metros en la instalación de los tomacorrientes e interruptores.

En la ubicación e instalación de los diferentes elementos eléctricos se debe considerar lo siguiente:

- Al instalar y colocar los diversos equipos eléctricos, se debe tener en cuenta lo siguiente: Para las estaciones de botones, interruptores y conmutadores; la altura de instalación desde el nivel del piso debe ser de 1,2 metros desde el lado de la puerta con bisagras, y estos, en su condición de operación, deben abrir el conductor de fase
- La medida de para interruptores, conmutadores y pulsadores; la altura de instalación sobre el nivel de piso de 0,40 m del piso es la correcta para instalación de los

tomacorrientes, deben ser una disposición polarizada, con toma a tierra.

- 1) **Interruptores.** Un interruptor es un dispositivo que se utiliza para la regulación y desconexión de la corriente en todo tipo de circuitos eléctricos con cargas inductivas, resistivas, instalaciones eléctricas residenciales o comerciales. Su aplicación principal es para la conexión y desconexión de circuitos de iluminación. Puede trabajar con cualquier tipo de bombilla, ya sean incandescentes, fluorescentes, de bajo consumo, LEDs, etc.

Tabla 6 Características interruptores

Interruptor Simple-Doble-Triple	
Características	Especificación
Marca	Veto
Voltaje	125/250V
Corriente	10 A
Material	Polipropileno retardante hasta 750°C
Tomillos	Acero tropicalizado/resiste corrosión
Calibre terminal	Hasta conductor # 12 AWG

Nota: Tomado de " Veto Electric "

En la siguiente figura muestra la instalación de los interruptores, que pueden ser de varios servicios, generalmente utilizado para control en iluminación.

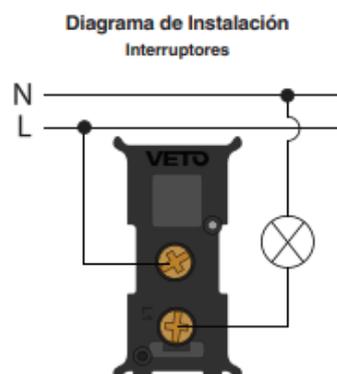


Figura 1 Diagrama de Conexión de Interruptores

- 2) **Conmutadores.** Es un dispositivo que desvía la corriente eléctrica sin ser interrumpida, que a su vez ofrece control, encendido/apagado de luces y circuitos desde dos puntos de uso, a través de la gama de circuitos eléctricos con cargas inductivas, resistivas, en

electrodomésticos en hogares o edificios comerciales.

También se designa como interruptor de 3 vías o alternativo. También es una de las aplicaciones comunes de encendido y apagado de circuitos de iluminación. Compatible con todo tipo de lámparas, incandescentes, fluorescentes, de bajo consumo, LED

Tabla 7 Características conmutador

Conmutador Simple-Doble-Triple	
Características	Especificación
Marca	Veto
Voltaje	125/250V
Corriente	10 A
Material	Polipropileno Retardante Hasta 750°C
Tomillos	Acero Tropicalizado/Resiste Corrosión
Calibre Terminal	Hasta Conductor # 12 Awg

Nota: Tomado de " Veto Electric "

En la figura la conexión de un conmutador dispositivo de maniobra que es utilizado en circuitos de iluminación, para realizar el control o encendido desde dos lugares.

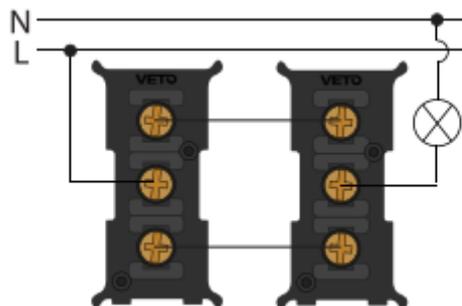


Figura 2 Conexión de conmutadores

- 3) **Tomacorrientes.** Dispositivo que realiza una conexión eléctrica al colocar una clavija en su interior, que actúa como un camino para la corriente. Se usa para la conexión de electrodomésticos, extensiones, dispositivos eléctricos, aparatos eléctricos, etc.

Diseñado con norma NEMA 5-15R, 125 (VAC) circuitos monofásicos: F + N + T.

Tabla 8 Características de tomacorrientes

Tomacorriente Simple-Doble-Triple	
Característica	Especificación
Marca	Veto
Voltaje	125/250V
Corriente	15 A
Material	Polipropileno Retardante Hasta 750°C
Tomillos	Acero Tropicalizado/Resiste Corrosión
Calibre Terminal	Hasta Conductor # 12 Awg
Conexión a Tierra	Si

Nota: Tomado de " Veto Electric "

Se muestra en la siguiente figura, la conexión de un tomacorriente, utilizado en circuitos de fuerza, utilizado para conexión de aparatos eléctricos, que funcionan con voltajes hasta 120 V.

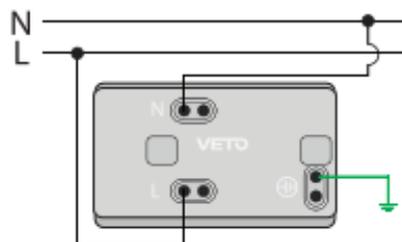


Figura 3 Instalación de tomacorrientes

- 4) ***Interruptor Termo Magnético.*** Es un elemento que se encarga de proteger el circuito que interrumpe, el fluido de corriente de una instalación cuando se encuentra sobre el valor máximo de referencia. Ofrece una protección de carácter magnético y térmica para las instalaciones eléctricas en caso de una sobrecarga repentina en el circuito. Es ampliamente utilizado en la protección de instalaciones eléctricas de iluminación, instalaciones eléctricas de potencia, protección de electrodomésticos, duchas eléctricas, bombas eléctricas de agua, compresores, circuitos para cocinas de inducción, y circuitos para tomas especiales, entre otros.

Tabla 9 Características de los Interruptores Termomagnéticos

Interruptor Termomagnético	
Característica	Especificación
Marca	Veto
Voltaje	125V
Corriente	32 A, 40 A, 50 A, 63 A.
Ip	Protección Ip 65 – Norma Iec 60529
Corriente Ruptura	4500 A
Curva De Disparo	Tipo C
Frecuencia	50/60 Hz
Disparo Térmico	Entre 1,13 A 1,5 In
Disparo Magnético	Entre 5 A 10 In

Nota: Tomado de " Veto Electric "

En la Figura 4 se puede visualizar la curva de disparo de varios rangos de sensibilidad del interruptor termo magnético. Generalmente utilizado para protección de sobre corrientes en circuitos de iluminación fuerza, y cargas especiales dependiendo del uso.

Existen varios tipos de curva de disparo que se encuentran definidas por su sensibilidad, en tres rangos.

Curva tipo B: Disparo con corrientes entre 3 In a 5 In

Curva tipo C: Disparo con corrientes entre 5 In a 10 In

Curva tipo D: Disparo con corrientes entre 10 In a 20 In

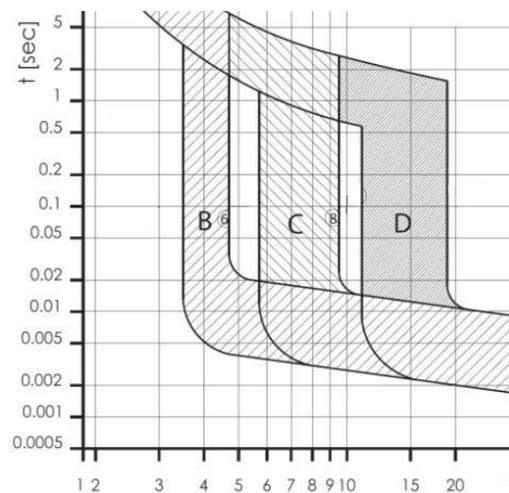


Figura 4 Curvas de disparo de disyuntor termomagnético.

- 5) **Portalámparas.** Existen diversos tipos de portalámparas utilizados en instalaciones eléctricas, la siguiente tabla detalla, características generales de, construcción, materiales y corrientes que maneja estos elementos.

Tabla 10 Características de portalámparas

PORTALÁMPARA PARA LUMINARIAS LED	
Característica	Especificación
Marca	Veto
Voltaje	125V/250V
Corriente	1 A
Material	Termo polímero de última generación
Potencia ruptura	200 W
Rosca	Tipo E27
Tornillos	Acero tropicalizado/resiste corrosión
Calibre terminal	Hasta conductor # 12 AWG

Nota: Tomado de " Veto Electric "

Existen varios tipos de portalámparas utilizados, para instalar una lámpara, a continuación, se muestra una referencia del más utilizado.



Figura 5 Portalámparas

- 6) **Lámpara Led.** Una lámpara Led es uno de los elementos más eficientes y accesibles para trabajos de iluminación, prácticos, fácil mantenimiento, y muchas otras características, que lo hacen unos de los más adecuados en trabajos de mejoras en iluminación a continuación un resumen de sus bondades.

Alta potencia y flujo, gracias a su tecnología, brinda, una distribución uniforme de luz.

Bajo consumo, ahorra hasta un 80 por ciento, frente a sus competidores.

Ofrece un diseño Robusto.
 No tiende a generar radiación UV.
 Versión LED SMD.
 Directo también simétrico es su distribución



Figura 6 Lámparas Led

7) **Temperatura del color.** La temperatura de color es la temperatura ideal de un color que sería producido por una fuente de luz blanca. Determina el tono "cálido" o "frío" de la luz. La temperatura de color se mide en grados Kelvin, pero no es una medición precisa de temperatura, ya que es completamente relativa.

Las temperaturas de color más bajas (2000-3000 K) representan el rango cálido de naranjas y amarillos, y las temperaturas de color más altas (4000-6000K) representan los azules y los blancos.



Figura 7 Temperatura del color

8) **Software DIALux.** DIALux EVO es un software todo en uno gratuito que ofrece la creación de proyectos de iluminación profesionales con una interfaz fácil de usar.

Examina la presencia de luz natural dentro del local y recomienda luz sintética para mejorar su visibilidad.

Esto le permite calcular el consumo energético asociado a su proyecto y adaptarlo a las condiciones del proyectista y actividades interiores para lograr una iluminación eficiente de su sitio.

Uno de los beneficios de es el acceso a los datos más recientes de empresas y fabricantes de iluminación de todo el mundo. Esto le permitirá seleccionar productos del catálogo y adquirir dispositivos, añadiendo profesionalismo a su trabajo.

El software incluye una lista de luminarias incluyendo marca, modelo, datos de iluminación y rendimiento, escenas de iluminación proyectadas, visuales divididas en pisos, paredes, techos, detalles de la superficie del sitio, planos de planta, isolíneas, etc. Contiene información, genera información detallada, información en formato PDF, gráficos de valores, áreas grises. También permite el análisis de superficies específicas de interés para los diseñadores, tales como, escritorio y mesa de trabajo. Recibirá un informe profesional que podrá mostrar a sus clientes, con imágenes en 3D de alta calidad.

Los diseñadores, diseñadores de interiores, arquitectos, ingenieros de iluminación, contratistas y vendedores de iluminación son los principales usuarios de este software. (DIAL GmbH, 2024).



Figura 8 Software DIALux

9) **Norma Europea sobre Iluminación de Interiores UNE 12464.1.** La norma UNE 12464.1, plantea tres condiciones básicas que deben tomarse en cuenta:

- Comodidad visual; en el sentido de que los trabajadores estén cómodos, también está indirectamente asociado con un alto nivel de productividad.
- Requisitos visuales; donde los trabajadores pueden llevar a cabo su trabajo visual, en condiciones desfavorables y en horas extraordinarias.
- Seguridad; Aquí podrá encontrar la clase de actividad de su entorno de trabajo y conocer los requisitos de iluminación establecidos por la Norma.
- El parámetro que nos interesa de la siguiente tabla se la podría resumir en los valores referentes a aulas escolares, que va en un parámetro desde 300 a 500 luxes.

Tabla 11 Parámetros de iluminación para establecimientos educativos

Edificios Educativos			
N° De Referencia	Tipo De Interior, Tarea Actividad	Em Lux	Ugrl
2.1	Aulas Aulas De Tutoria	300	19
2.2	Aulas De Clases Nocturnas y Educación Para Adultos	500	19
2.3	Salas De Lecturas	500	19

Nota: Tomado de " Norma une 12464.1"

El alumbrado, de las distintas salas del centro educativo deberá estar dotado de un sistema que proporcione un ambiente visual cómodo y suficiente acorde a las diferentes t que se realicen durante el horario escolar.

Aplicando unos estándares de calidad adecuados en el diseño, instalación y mantenimiento de todos los elementos que contribuyen a una buena iluminación, conseguimos el confort visual requerido, todo lo cual contribuye a que se garantice una alta eficiencia energética y los gastos de funcionamiento están minimizados.

Una iluminación correcta, facilita un ambiente cómodo y estimulante para estudiantes y profesores. La comodidad visual le permite continuar con sus actividades sin tensión visual

indebida, lo que reduce la fatiga y la jaqueca causados por la mala iluminación.

La comodidad visual le permite continuar con sus actividades sin tensión visual indebida, lo que reduce la fatiga y los dolores de cabeza causados por la mala iluminación. La iluminación fría se asemeja al ambiente exterior y ayuda a algunos estudiantes a evitar la sensación de sufrir al pasar horas en una habitación cerrada.

Por otro lado, los colores cálidos brindan un ambiente más sociable y relajado. Las causas dan como resultado una iluminación deficiente, lo que no beneficia a los estudiantes, que presentan problemas de la vista, y puede provocar un aumento de las tasas de ausentismo escolar. En otra circunstancia, es fundamental utilizar iluminación eficiente a través de dispositivos de ahorro en energía y luminarias de alto rendimiento, incluidas lámparas de alto lumen/vatio, junto con el uso de dispositivos reguladores acorde al uso. Se adapta a las necesidades del espacio a iluminar y proporciona un buen nivel de confort sin comprometer la eficiencia energética.

Este apartado para los Centros Educativos, es recoger las pautas y recomendaciones especificadas en la nueva norma de iluminación interior (UNE 12464-1).

Su finalidad es:

- Cumplimiento de Calidad y Recomendaciones visuales.
- Crear un ambiente cómodo y confortable para los estudiantes.

10) Diagrama Unifilar Eléctrico. Según la NOM-001-SEDE-2012, los diagramas unifilares deben identificar y proporcionar toda la información referente a las especificaciones de elementos características de los elementos eléctricos.

La representación de estos componentes deberá incluir:

- Características de la conexión que se alimenta.
- Información sobre la capacidad nominal del equipo.
- Nivel de tensión de funcionamiento.
- Capacidad del interruptor principal y del interruptor de derivación.
- Tipo de carga a alimentar.

El circuito de conexión se define por la corriente, número de conductores (fase, neutro y cable de protección), su tamaño, tipo de aislamiento, tipo y diámetro de tubería (tamaño comercial).

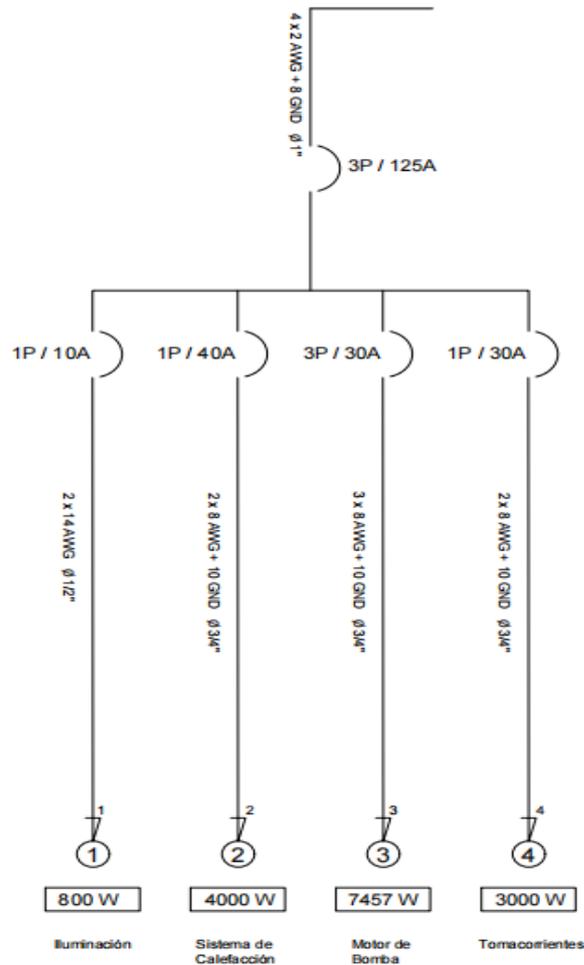


Figura 9 Ejemplo de Diagrama Unifilar

2.5. Caída de Tensión

Además de conocer la corriente que circula por el conductor, necesitamos especificar su magnitud. También es necesario que la caída de voltaje no supere el valor, lo que afectará el funcionamiento del dispositivo. La NEC recomienda que la caída de tensión entre los circuitos principales y derivados no exceda el 3% y que diferencia entre ellos no exceda el 5%.

Para calculo de caída de voltaje se puede utilizar las siguientes formula (1):

$$\Delta U = \frac{2 \cdot \rho \cdot L \cdot I \cdot \cos \theta}{S} \quad (1)$$

Donde

2 = Constante.

$\rho = 0.0175$ (resistividad del cobre)

L = longitud (m)

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

$\Delta U = \text{caída de tensión (V)}$

$S = \text{sección del conductor (mm}^2\text{)}$

El valor de la caída de tensión es la diferencia entre la tensión presente al final de un ramal del sistema y la tensión presente en otros puntos del sistema cuando fluye la corriente nominal.

1) **Centro de carga.** Las condiciones para la instalación del distribuidor son un lugar permanentemente seco, cerca las cargas secundarias y en una pared accesible al personal. trabajos de conexión o revisión.

Se debe incluir un diagrama esquemático general en el interior de la cubierta o puerta del panel eléctrico, junto con una lista de todos los circuitos que cubre cada interruptor, es mandatorio el equilibrio de fases.

El distribuidor deberá tener disponible un punto de reserva por cada cinco puntos de venta. Todos los circuitos deben estar equipados con disyuntores bien seleccionados. El requisito de altura para la instalación del armario de control es de 1,60 metros desde el suelo hasta el fondo. Para la caja magnetotermica se requieren una conexión de neutro y una regleta de conexión a tierra.



Figura 10 Centro de carga

CAPÍTULO III

3. Diseño e Implementación.

3.1. Normativa Europea para Iluminación UNE 12464.1

La Normativa que se empleará para iluminación, ya que nacionalmente no existe una referencia, se utilizará la norma, UNE 12464.1, que nos muestra las referencias para el caso en estudio, como son los centro educativos, que deberán cumplir con para metros establecidos que brinden un visualización correcta en el plano de trabajo, que incidirá directamente en el bienestar visual y rendimiento, con un nivel de prevención de daño visual en los niños al tener una iluminación de acuerdo a los requerimientos, en esta norma.

Para el cálculo de los sistemas de fuerza se tomará como referencia normas nacionales. Se propone la mejora en las aulas de la UE “Pío Jaramillo”, que como fue la propuesta inicial, es llevar la iluminación a los parámetros necesarios a fin de que los estudiantes puedan desarrollar sus actividades escolares, de forma adecuada.

- 1) *Situación inicial de las aulas.* En el levantamiento inicial, se puede notar que las instalaciones se encuentran obsoletas y tiene componentes eléctricos antiguos, los cuales se muestran en las figuras:



Figura 11 Iluminación existente en aula inicial 1

Se muestra también como ejemplo las lamparas fluorescentes que se encuentra instaladas en la aula de segundo de básica.



Figura 12 Iluminación existente en 2do de básica

2) Acometida principal

El diagrama inicial de las instalaciones, se puede registrar una acometida de principal calibre 3*4 AH, en Aluminio, que viene alimentada de redes secundaria, de la Empresa distribuidora, en este caso la Empresa Eléctrica Ambato, SA., con un contador de Energía bifásico a 120-240 V, el cual se distribuye a tres centros de carga que se distribuyen a las aulas escolares con sus respectivos centros de carga, con una acometida de aluminio 3*6, que alimenta a tres centros de carga con la siguiente distribución:

3) Centro de carga # 1 Inicial 1-2

En este caso se puede identificar un centro de carga de dos circuitos, uno de iluminación y otro de fuerza, que se componen de 6 lámparas, fluorescentes, 2*18, por aula, y 5 tomacorrientes, por aula, tiene un Centro de carga, de 2 espacios que abastece a Inicial 1 y 2, con protecciones de 32 A, para las dos aulas y se encuentra a 20 mt, del punto de entrega

El circuito de iluminación tiene un conductor # 14, el interruptor se encuentra averiado, y al abastecer a 12 luminarias, cumple el circuito; según la norma NEC, la protección que se encuentra mal seleccionada, al instante es de 32 A, que, según la norma mencionada, se encuentra sobre dimensionado, y debe corregirse su selección, según el cálculo de corriente.

El circuito de fuerza, se compone de 5 tomacorrientes por aula, tiene un conductor cableado # 12 AWG, no existen algunos tomacorrientes, por lo que se procederá a su instalación.

La norma NEC, en este caso dispone para el cálculo una potencia instalada de 200W con 20 A de carga y un máximo de 10 salidas, por circuito que lo cumple sin problema.

Como protección del circuito de tomacorrientes, se encuentra colocado una protección de 32 A, que se debe verificar su correcta selección mediante el cálculo para este circuito.

4) Centro de carga # 2 Aula 1ro de básica

Este alimenta las aulas de 1ro de básica, está a una distancia de unos 40 mt, del punto de distribución principal, como es el contador de energía, de la escuela. En este centro de carga se alojarán las protecciones de dos circuitos, uno de iluminación con 6 lámparas 2*18 fluorescentes y 3 focos de 9 W que pertenecen a las baterías sanitarias, con un conductor #14, en este caso cumple con la norma, NEC, al no sobrepasar los 1500W. con una protección de 32A que no esta acorde a la norma.

Además de 1 circuito de fuerza, con una protección de 32 A y conductor 12 AWG. focos que pertenecen al aula de 1ro de Básica. Por otro lado, el circuito de fuerza, se encuentra protegido con un interruptor de 32 A, sujeto a verificación y cálculo.

5) Centro de carga de carga # 3 Aula 2do, 3ro EGB

Este centro de carga alimenta a segundo y tercero de básica, se encuentra a 30 mt de distancia, tiene 12 luminarias 2*18 fluorescentes, 6 por aula, que se encuentran alimentados por un conductor #14 AWG, y controlado por un interruptor en cada aula.

Y un circuito de fuerza, 10 tomacorrientes, 5 por cada aula, que se encuentran alimentado por un conductor #12 y un conductor #14 para las tomas de tierra, además estos circuitos están protegidos por un interruptor termo magnético de 32 A, que no se encuentra dentro de los parámetros establecidos por la NEC.

Los conductores, lámparas fluorescentes, y protecciones se calcularán en la fase de diseño para verificar su correspondencia, y dimensionamiento, caso contrario se reemplazarán acorde a la normativa.

3.2. Cálculo de Iluminación Método de Lúmenes

1) **Dimensiones Aulas.** Se resume las dimensiones de las aulas escolares en estudio, para el cálculo de las luminarias a colocar en el rediseño eléctrico.

Datos de dimensiones de aula de todos los grados en estudio.

a: ancho en (m) = 6 m

b: largo en (m) = 7 m

H: alto en (m) = 2.85 m

2) **Calculo índice de local.** El índice del local (k) se da con la forma geométrica del local. Se utiliza los datos de las medidas del ambiente escolar que para efectos de uso todos los grados tendrán el mismo calculo ya que tienen las mismas dimensiones.

$$k = a \cdot b / h \cdot (a + b).$$

$$k = 6 \cdot 7 / 2 \cdot (13)$$

$$k = 42 / 26$$

$$k = 1.615$$

3) **Altura del plano de trabajo.** La altura del plano del plano de trabajo, se determina por la actividad a desarrollar, en este caso son aulas escolares, en las que imparte los conocimientos, y los estudiantes están sentados en las mesas. Por lo que es en las mesas que se debe establecer la altura del plano de trabajo, generalmente se considera la altura del suelo hasta la mesa de trabajo de 0.80m.

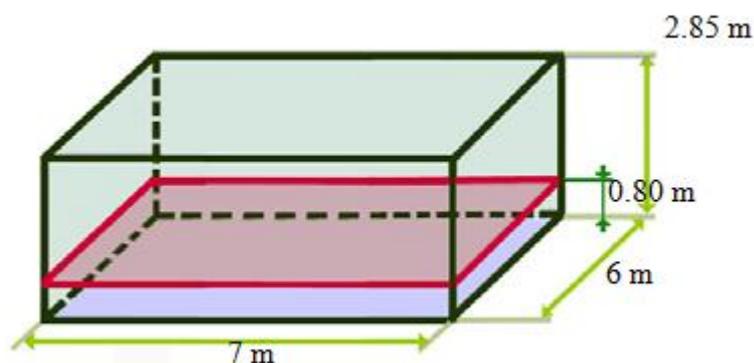


Figura 13 Plano de trabajo y alturas del aula

4) **Nivel de iluminación media (Em) de ambiente escolar.** Este valor está determinado por la actividad que se realiza, en el local, este caso son aulas escolares que está determinado por los valores de nivel de iluminación media se recogen en la Norma Europea UNE-EN 12464-1:2018. Iluminación de los lugares de trabajo. Parte I: Lugares de trabajo en interior. Esta norma recoge valores recomendados para una gran cantidad y variedad de lugares de trabajo, así como de ocupaciones y actividades. Sus

recomendaciones, tanto en valores absolutos como subjetivos de la luz, es decir, las expectativas de calidad y confort visual, dirigen el diseño de sistemas de iluminación que permiten la provisión de ambientes estéticos a los ocupantes de los edificios que son los profesores y los estudiantes.

Según la tabla 7 de la de la Norma UNE-EN 12464-1:2018, establece 300 lux, para aulas escolares de tal manera que:

Em: 300 lux queda establecido como iluminancia media para los cálculos más adelante.

- 5) **Determinación de tipo de bombillos a emplear.** En este caso se considera un bombillo Led de alta potencia de 40w con un flujo luminoso de 4000 lúmenes. Temperatura del color de 6500k que equivale a luz de día, que se muestra en la figura 7.
- 6) **Determinación de la altura de suspensión de la lámpara a utilizar.** Generalmente, como en su caso, la altura de suspensión de las luces sobre los locales de techo bajo será la que resulte de situar las luces a la altura máxima posible. Pero tienes algunas otras aplicaciones, edificios de muchas plantas, por ejemplo, si esa es la aplicación, si quieres calcular esa altura de suspensión puedes utilizar las ecuaciones que tienes en la tabla.

Locales con iluminación directa, semidirecta y difusa	Minimo: $h = \frac{2}{3} \cdot (H - h')$	Optimo: $h = \frac{4}{5} \cdot (H - h')$
Locales con iluminación indirecta	$d' \approx \frac{1}{5} \cdot (H - h')$	$h \approx \frac{3}{4} \cdot (H - h')$

Figura 14 Formulas para fijar altura de la instalación

En este caso de estudio las aulas escolares son de altura normal por lo que se tendrá que poner la lámpara lo más alto posible.

- 7) **Coefficiente de reflexión.** Tenemos para, la siguiente tabla para calcular el coeficiente de reflexión, en base al material y colores que están adecuados en el aula escolar de esta manera, seleccionamos de la tabla 13.

Tabla 12 Tabla de reflexión

Factores de reflexión para diversos colores y materiales iluminados con luz blanca			
Color	Factor de reflexión	Material	Factor de Reflexión
Blanco	0.70 - 0.85	Mortero claro	0.35 - 0.55
Techo acústico blanco, con orificios	0.50 - 0.65	Mortero oscuro	0.20 - 0.30
Gris claro	0.40 - 0.50	Hormigon claro	0.30 - 0.50
Gris oscuro	0.10 - 0.20	Hormigon oscuro	0.15 - 0.25
Negro	0.03 - 0.07	Arenisca clara	0.30 - 0.40
Crema, amarillo claro	0.50 - 0.75	Arenisca oscura	0.15 - 0.25
Marrón claro	0.30 - 0.40	Ladrillo claro	0.30 - 0.40
Marrón oscuro	0.10 - 0.20	Ladrillo oscuro	0.15 - 0.25
Rosa	0.45 - 0.55	Mármol blanco	0.60 - 0.70
Rojo claro	0.30 - 0.50	Granito	0.15 - 0.25
Rojo oscuro	0.10 - 0.20	Madera clara	0.30 - 0.50
Verde claro	0.45 - 0.65	Madera oscura	0.10 - 0.25
Verde oscuro	0.10 - 0.20	Espejo de vidrio plateado	0.80 - 0.90
Azul claro	0.40 - 0.55	Aluminio mate	0.55 - 0.60
Azul oscuro	0.05 - 0.15	Aluminio anonizado y abrigantado	0.80 - 0.85
		Acero pulido	0.55 - 0.65
		Cobre	0.48 - 0.50
		Cromo pulido	0.60 - 0.70
		Cromo mate	0.52 - 0.55
		Madera clara de abedul y arce	0.55 - 0.65
		Madera de roble, laqueada clara	0.40 - 0.50
		Madera de roble, laqueada oscura	0.15 - 0.40
		Madera de caoba o nogal	0.15 - 0.40

Nota: Tomado de “Camino, J.A (2011)”

Datos de reflexión seleccionados

Techo: 0.70-0.85

Pared: 0.40- 0.50

Piso: 0.10-0.20

Con estos valores de índice de reflexión, se revisa en la tabla 13 para encontrar el Coeficiente de utilización.

8) **Coeficiente de utilización.** El factor de uso local es un término utilizado para describir la forma en que operan los objetos luminosos.

Esto también depende en gran medida del color y la textura de las paredes, especialmente en habitaciones pequeñas.

Se muestra luego de revisar el valor de reflexión, se encuentra el factor de utilización para este ambiente escolar que se determina en:

$$Cu = 0.62$$

Tabla 13 Factores de utilización

Reflectances(%) for ceiling walls an working plane (CIE)						
	0.80	0.80	0.70	0.70	0.70	0.70
Room index K	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.30
	0.30	0.10	0.30	0.20	0.10	0.10
0.60	0.39	0.37	0.37	0.36	0.35	0.28
0.80	0.48	0.45	0.45	0.44	0.43	0.35
1.00	0.56	0.52	0.52	0.51	0.49	0.41
1.25	0.64	0.58	0.60	0.57	0.55	0.48
1.50	0.70	0.63	0.65	0.62	0.60	0.53
2.00	0.79	0.70	0.74	0.70	0.67	0.60

Nota: Tomado de “Castilla Cabanes,(2011)”

9) **Coefficiente de mantenimiento (CM).** En este factor están relacionados el nivel de limpieza de la luminaria y el flujo luminoso producido por la lámpara.

Por tanto, depende del nivel de contaminación y de la frecuencia de limpieza de la instalación. Suponiendo que realiza una limpieza regular cada año, puede utilizar los siguientes valores:

Tabla 14 Coeficiente de mantenimiento

Ambiente	Coeficiente De Mantenimiento (Cu)
Limpio	0,8
Sucio	0,6

Nota: Tomado de “Castilla Cabanes,(2011)”

3.3. Cálculo de Flujo Luminoso

$$\Phi_T = \frac{Em * S}{Cu * Cm} \quad (2)$$

$$\Phi_T = \frac{300 * 42}{0.62 * 0.80}$$

$$\Phi_T = \frac{12600}{0.496}$$

$$\Phi T = 25403 \text{ lux}$$

- 1) **Número de Luminarias para alcanzar el nivel de luminosidad requerido.** Al comprobar el caso en estudio se, calcula el número de lámparas a colocar y al ser todas las aulas escolares que constan en este proyecto, la misma superficie, el cálculo de números de luminarias es válido para todas las aulas.

$$NL = \frac{\Phi T}{n * \Phi L} \quad (3)$$

$$NL = \frac{25403}{4000}$$

$$NL = 6.35$$

- 2) **Cálculo de corriente para los circuitos de iluminación.**

Circuito 1: 12 luminarias 40w, tipo tubo Led en cada aula de inicial 1 y 2.

$$I = \frac{P}{V * \text{Cos}\phi} \quad (4)$$

$$I = \frac{480}{120 * 1}$$

$$I = 4 \text{ A}$$

Calculo con el factor de demanda

$$I = I * \text{FD}$$

$$I = 10 * 0.70$$

$$I = 2.80 \text{ A}$$

Circuito 2: 6 luminarias de 40 w tipo Led en el aula de 1ro EGB y para las baterías sanitarias 3 focos Led de 9 w.

$$I = \frac{P}{V * \text{Cos}\varphi}$$

$$I = \frac{267}{120 * 1}$$

$$I = 2.23 \text{ A}$$

Calculo con el factor de demanda

$$I = I * \text{FD}$$

$$I = 2.23 * 0.70$$

$$I = 1.56 \text{ A}$$

Circuito 3: 12 focos de 40w, tipo tubo led para las aulas de 2do y 3ro de EGB

$$I = \frac{P}{V * \text{Cos}\varphi}$$

$$I = \frac{480}{120 * 1}$$

$$I = 4 \text{ A}$$

Calculo con el factor de demanda

$$I = I * \text{FD}$$

$$I = 10 * 0.70$$

$$I = 2.80 \text{ A}$$

En el artículo 4 de la Norma NEC podemos encontrar que los circuitos deben dimensionarse con el 125%, para efector de cálculo de corriente (NEC 2018).

Por lo que en la tabla se muestra el cálculo de corriente con el 25% de sobrecarga.

Tabla 15 Cálculo corrientes en los circuitos de iluminación

Circuito	Área	Potencia	Luminarias	(I) Por Circuito	Factor 25%	Intensidad Final
1	Inicial 1-2	480 W	12	2.80 (A)	1,25	3.50 (A)
2	1ro EGB	267 W	9	1.56 (A)	1,25	1.95 (A)
3	2do-3ro EGB	480 W	12	2.80 (A)	1,25	3.50 (A)
P. Total Iluminación		1227 W				

Nota: Elaboración propia.

- 3) **Dimensiones del conductor para iluminación.** En el numeral 5 de la NEC 2018, menciona que: “El calibre de conductor del neutro debe ser igual al conductor de la fase”.

Y que “en circuitos de iluminación se utiliza conductor de cobre aislado tipo THHN con una sección mínima de 2,5mm² (14 AWG) para la fase, el neutro y conductor de tierra” por lo tanto en conductor a utilizar, en los circuitos de iluminación la norma indica el calibre 14 THHN que se pueda diferenciar en color la fase, de el neutro. (NEC, 2018).

El calibre del conductor se dimensiona con 25% mas del valor de la corriente del Disyuntor.

Tabla 16 Capacidad de protección según el calibre de conductores

Calibre Del Conductor Awg	14	12	10	8	6
Capacidad Máxima Del Interruptor (Amperios)	15/16	20	30/32	40	50

Nota: Tomado de “Norma NEC”

En base al dimensionamiento para el circuito de iluminación se muestra las características del conductor a utilizar.

Tabla 17 Características conductor para iluminación

Cable Thhn # 14	
Característica	Especificación
Capacidad de corriente nominal	25A
Temperatura máxima de operación	Nominal 90°
Área	20.08 mm ² .
Voltaje	600V
Norma	ASTM B3,B8-UL83
Fabricante	Conelsa

Nota: Tomado de “Conelsa”

4) **Cálculos de caída de tensión para verificación del conductor.** La NEC recomienda que la caída tensión, entre los circuitos alimentadores y derivados no exceda el, 3%, y que la caída de tensión entre ellos no exceda el 5%.

- **Cálculo de caída de tensión para los circuitos de iluminación**

Para la caída de voltaje tomamos en cuenta lo que exige la norma NEC y verificamos el calibre del cable con la tabla de características en este caso del cable THHN, 600v, 90°, para el cálculo de caída de tensión en los circuitos de iluminación no exceda el porcentaje de 3% en este caso, tomamos el calibre mínimo # 14 para iluminación que dispone la NEC.

Tabla 18 Características técnicas de conductores THHN

Alambres y Cables Tipo TFN y THHN 600 V 90 °C



Calibre AWG /Kcmil	Número Hilos	Diámetro Hilo mm	Área mm ²	Diámetro Conductor mm	Espesor Aislamiento mm	Espesor Chaqueta Nylon mm	Diámetro Exterior mm	Resistencia Eléctrica DC a 20 °C Ω/Km	Peso Total Aproximado kg/km	Capacidad Corriente Aire Libre A	Capacidad Corriente Conduit A	Tipo
18	1	1,02	0,82	1,02	0,38	0,10	1,98	21,03	11	15	10	TFN
16	1	1,29	1,31	1,29	0,38	0,10	2,25	13,16	16	20	15	TFN
14	1	1,63	2,08	1,63	0,38	0,10	2,59	8,29	23	35	25	THHN
12	1	2,05	3,31	2,05	0,38	0,10	3,01	5,21	35	40	30	THHN
10	1	2,59	5,26	2,59	0,51	0,10	3,81	3,28	56	55	40	THHN
14	7	0,62	2,08	1,84	0,38	0,10	2,80	8,46	25	35	25	THHN
12	7	0,78	3,31	2,32	0,38	0,10	3,28	5,35	37	40	30	THHN
10	7	0,98	5,26	2,93	0,51	0,10	4,15	3,35	59	55	40	THHN
8	7	1,23	8,37	3,71	0,76	0,13	5,49	2,10	96	80	55	THHN
6	7	1,55	13,30	4,67	0,76	0,13	6,45	1,32	145	105	75	THHN

Nota: Tomado de “ Conelsa ”

- **Cálculo de caída de tensión**

$$\Delta U = \frac{2 * \rho * L * I * \cos\theta}{S} \quad (5)$$

$$\Delta U = \frac{2 * 0.0175 * 40 * 1.56 * 1}{2.08}$$

$$\Delta U = \frac{4.27}{2.08}$$

$$\Delta U = 1.05V$$

Se determina la caída de voltaje, en los conductores para los circuitos de iluminación es 1.05 V, transformado a porcentaje nos da un 1.71 % de caída de voltaje, para los componentes de lamparas.

Tomando en cuenta que este cálculo se lo realiza para el circuito de iluminación más lejano desde el medidor de energía. Los circuitos más cercanos están dentro del rango de caída de tensión.

El detalle en la tabla de cálculos.

Tabla 19 Resumen porcentaje caída de voltaje en circuitos de iluminación

Circuito	Constante	Resistividad del cobre	Longitud (m)	Fp.	Sección Conductor (mm2)	Intensidad (A)	Caída de tensión (V)	Porcentaje (%)
Circuito 1	2	0.0175	20	1	2.08	2.80	1.51	0.94%
Circuito 2	2	0.0175	40	1	2.08	1.56	1.05	0.88%
Circuito 3	2	0.0175	30	1	2.08	2.80	1.51	1.41%

Nota: Elaboración propia

Lo permitido de caída de tensión para los circuito de iluminación esta dentro del rango permitido, por debajo del 3% como dispone la normativa vigente.

- 5) **Dimensiones de la protección para iluminación.** Los dispositivos de protección contra sobre intensidades deben ser fabricados bajo la norma IEC 60898 -1, los cuales deben

ser interruptores termo magnéticos automáticos. Estarán dimensionados de acuerdo a la carga dimensionada y deben concordar con las curva térmica de disparo en función del tiempo. Deben estar instalados en un tablero , como un centro de carga, con protección IP de acuerdo a las condiciones de uso.

6)

Se muestra el dimensionamiento de la protección los componentes de iluminación, según el cálculo debería ir un interruptor termo magnético de 10 A, parámetro que cumple la norma vigente, para los circuitos de iluminación, pero según la norma NEC, los circuitos de alumbrado deben ser calculados para alimentar una carga máxima de 15 A sin sobrepasarlos.

Tabla 20 Resumen para dimensionar la protección termomagnética

Circuito	Area	Luminarias	(I) Por Circuito	Factor 125%	Intensidad Final (A)	Proteccion
1	Inicial 1-2	12	2.80 (A)	1.25	4.05 (A)	10 A
2	1Ro EGB	9	1.56 (A)	1.25	1.95 (A)	10 A
3	2Do-3Ro EGB	12	2.80 (A)	1.25	4.05 (A)	10 A

Nota: Elaboración propia.

7) **Cálculo de circuito de tomacorrientes.**

- **Circuito 1**

El circuito 1 consta de 10 tomacorrientes, para efectos del cálculo se tomará la potencia señalada por la norma de 200w por tomacorriente.

$$I = \frac{P}{V * \text{Cos}\varphi}$$

$$I = \frac{2000}{120 * 1}$$

$$I = 16.66 \text{ A}$$

Aplicación de factor de demanda

$$I = I * \text{FD}$$

$$I = 16.66 * 0.5$$

$$I = 8.33 \text{ A}$$

Con este cálculo de caída de tensión quedaría, dentro de lo que especifica la NEC, ya que se trata del circuito más lejano, y los otros circuitos cercanos estaría dentro de los parámetros.

Tabla 21 Resumen de corrientes en circuitos de fuerza

Circuito	Area	Potencia	Tomacorrientes	Intensidad Final (A)
1	Inicial 1-2	2000	10	8.33 (A)
2	1ro EGB	1000	5	4.16 (A)
3	2do-3ro EGB	2000	10	8.33 (A)

Nota: Elaboración propia.

8) *Cálculo de conductor para tomacorrientes.*

El calibre del conductor debe soportar por lo menos el 125 % del valor de la corriente de la protección del circuito

Se deben considerar los siguientes aspectos:

- Por norma los dos conductores deben ser el mismo calibre.
- Se utiliza el conductor calibre 12 AWG de tipo THHN , como mínimo, para los dos conductores del circuito.
- De acuerdo a la siguiente table se determina el conductor para la conducción del circuito para aterrizar.

Tabla 22 Dimensionamiento para conductor de tierra en tomacorrientes

Capacidad o ajuste del dispositivo automático de protección contra sobre corriente en el circuito antes de los equipos, canalizaciones, etc. Sin exceder de:	Tamaño nominal mm ² (AWG o kcmil)	
(A)	Conductor de cobre	Conductor de aluminio
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: Tomado de " Norma NEC "

Al revisar la tabla el conductor para tierra del sistema de tomacorrientes quedaría dimensionado con el conductor # 14 thhn.

- 9) ***Cálculo de caídas de tensión para selección del conductor.*** La NEC recomienda que la caída de voltaje entre los circuitos alimentadores y derivados no exceda el, 3%, y que la caída de voltaje entre ellos no exceda el 5%.

Para el cálculo de caída de tensión tomamos en cuenta lo que exige la norma y verificamos el calibre del conductor con la tabla de características en este caso del cable THHN, 600v, 90°, para el cálculo de caída de tensión en los circuitos de iluminación no exceda el porcentaje de 3% en este caso, tomamos el calibre mínimo # 12 thhn para tomacorrientes que dispone la NEC.

Según la tabla 18 encontramos el área en mm² para nuestro cálculo.

$$\Delta U = \frac{2 * \rho * L * I * \cos\phi}{S}$$

$$\Delta U = \frac{2 * 0.0175 * 40 * 4.16 * 1}{3.31}$$

$$\Delta U = \frac{5824}{3.31}$$

$$\Delta U = 1.76V$$

El porcentaje de caída calculado, está dentro del parámetro del 3% de caída de tensión que establece la NEC.

Tabla 23 Cálculo de caída de tensión en circuitos de tomacorrientes

Circuito	Constante	Resistividad del cobre	Longitud (m)	Fp.	Sección Conductor (mm2)	Intensidad (A)	Caída de tensión (V)	Porcentaje (%)
Circuito 1	2	0.0175	20	1	3.31	8.33	1.76	1.46%
Circuito 2	2	0.0175	40	1	3.31	4.16	1.76	1.46%
Circuito 3	2	0.0175	30	1	3.31	8.33	2.64	2.2%

Nota: Elaboración propia.

De acuerdo al calculo no excede el 3% así, que el conductor 12 thhn, cumple para la instalación de circuito de fuerza.

10) Dimensionamiento de la protección para el circuito de tomacorrientes. La NEC, en el numeral 7 protecciones contra sobre intensidades menciona que:

Las protecciones contra sobre intensidades deben elaborados respetando la norma IEC 60898-1 los cuales deben ser interruptores termo magnéticos automáticos. Deben tener en cuenta las características de cada circuito.

Se muestra en la tabla de los disyuntores , según el cálculo debería ir un disyuntor de 10.41 A, parámetro que cumple la norma vigente, para los circuitos de tomacorrientes, pero según la norma NEC, los circuitos de fuerza deben ser diseñados para alimentar una carga máxima de 20 amperios y no exceder de 10 puntos por circuito.

Tabla 24 Dimensionamiento de protecciones

Circuito	Area	Tomacorrientes	(I) por circuito	Factor	Intensidad	Protección
				125%	Final (A)	
1	Inicial 1-2	10	8.33 (A)	1.25	10.41 (A)	20A
2	1ro EGB	5	4.16 (A)	1.25	5.2 (A)	15A
3	2do-3ro EGB	10	8.33 (A)	1.25	10.41(A)	20 A

Nota: Elaboración propia.

3.4. Simulación del Rediseño de Aulas en la UE “Pío Jaramillo”

Se procedió a realizar la simulación de implementación respecto al diseño calculado, para las aulas escolares de la UE “Pío Jaramillo”, se ingreso los parámetros de las dimensiones y plano de trabajo, y tipo de luminaria escogida para la implementación en el software DIALux, como resultado, obtuvimos, una simulación exitosa en donde se cumplía el nivel lumínico requerido, en este ambiente escolar, la uniformidad, y el nivel correcto de deslumbramiento, requisitos, imprescindibles, para un confort visual correcto.

En las figuras que se van a mostrar más adelante se muestran los resultados de dicha simulación.

Product data sheet

MPE - LED Bulb LBD 40W 6500K



Article No.	LBD-40T
P	40.0 W
Φ _{Lamp}	4000 lm
Φ _{Luminaire}	4000 lm
η	100.00 %
Luminous efficacy	100.0 lm/W
CCT	6500 K
CRI	82

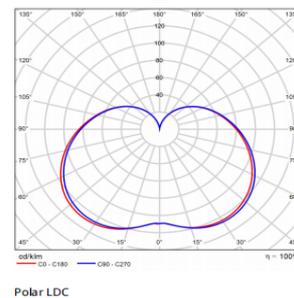


Figura 15 Luminaria utilizada para simulación en DIALux

- 1) **Verificación de iluminación media en la simulación para las aulas escolares.** Una vez que se ejecutó la simulación se muestra una iluminancia media de 315lx , con una

uniformidad mayor o igual a 0.60 cumpliendo los parámetros de la normativa europea UNE-12464.1, que dispone para ambientes escolares un E_m : 300lx.

Properties	\bar{E} (Target)	E_{min}	E_{max}	U_0 (g) (Target)	g_2	Index
Working plane (AULAS TIPO)	315 lx	232 lx	357 lx	0.74	0.65	WP1
Perpendicular illuminance (adaptive)	≥ 300 lx			≥ 0.60		
Height: 0.800 m, Wall zone: 0.500 m	✓			✓		

Figura 16 Resultados de iluminación media

- 2) **Distribución con uniformidad de las lámparas.** Una vez realizada la simulación se verifica que el calculo es correcto respecto al numero y nivel lumínico necesarien toda el aula nos indica en varios puntos de el aula el cumplimiento de la norma para estos ambientes escolares.

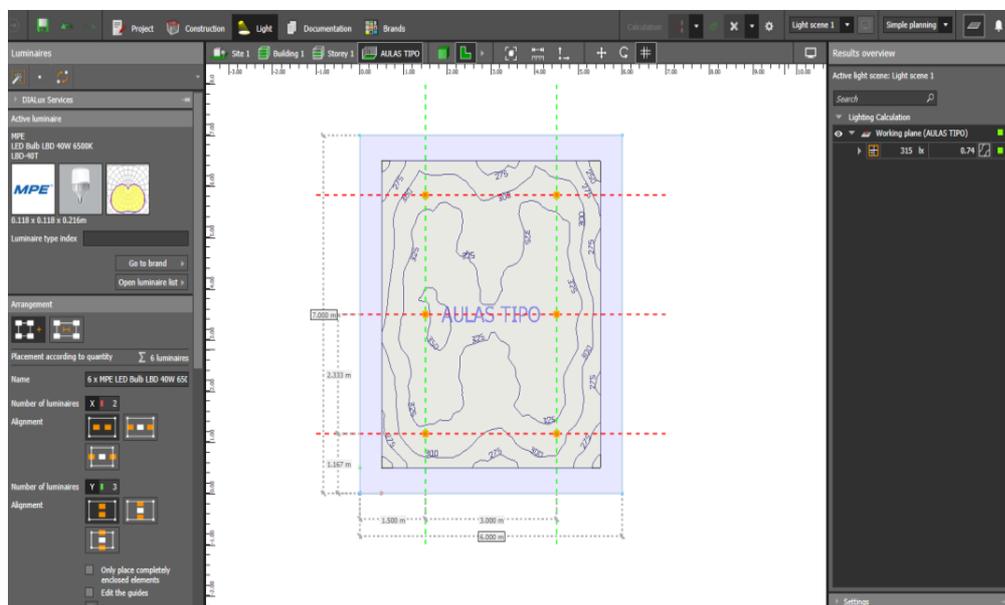


Figura 17 Nivel lumínico dentro del aula escolar

- 3) **Ubicación de luminarias en el aula escolar.** El software, DIALux muestra como, se debe ubicar las luminarias en base a la forma del aula para eso, emite un informe con las medidas respectivas para alcanzar el nivel lumínico calculado.

Tabla 25 Ubicación de las luminarias dentro del aula escolar

X	Y	Mounting height	Luminaire
1.500 m	5.833 m	2.692 m	1
4.500 m	5.833 m	2.692 m	2
1.500 m	3.500 m	2.692 m	3
4.500 m	3.500 m	2.692 m	4
1.500 m	1.167 m	2.692 m	5
4.500 m	1.167 m	2.692 m	6

Nota: Tomado de "Simulación DIALux"

3.5. Implementación de Rediseño Eléctrico

Se muestra la situación inicial en diagramas unifilares de las aulas escolares en estudio, para una mejor comprensión se va a presentar en el siguiente orden.

- ◆ Figura de levantamiento inicial.
- ◆ Plano de levantamiento inicial.
- ◆ Plano de rediseño.
- ◆ Figura de implementación.

Una vez realizado, todos los cálculos y simulaciones, se realizó el retiro de las lamparas fluorescentes y se implementó lo proyectado, el numero de bombillos a instalar son 6 de 40W, el conductor que esta instalado es numero 14 THHN, y cumple la normativa NEC, se instaló la tubería de conducción de los circuitos eléctricos.

Se presenta como evidencia en la siguiente secuencia de planos y fotografías.

1) Fotografía de Levantamiento aula Inicial 1 y 2.

En la fotografía se muestra como se encontraba de forma inicial las aulas de Inicial 1 y 2 se encontraba a una altura no adecuada, por que se encontraba anclado al techo, y esta situación se corrige en la implementación



Figura 18 Levantamiento Inicial 1-2

En esta fotografía se describe la forma como estaba inicialmente una instalación defectuosa que nos trae como consecuencias un peligro latente de fugas y energización de la estructura del aula escolar de manera accidental por la falta de canalización adecuada de los conductores.

2) Plano Levantamiento aula Inicial 1 y 2

Se muestra la instalación como se encontró las aulas de inicial 1 y 2, para el efecto uno de los objetivos específicos fue dibujar los planos que se muestran en la siguiente figura.

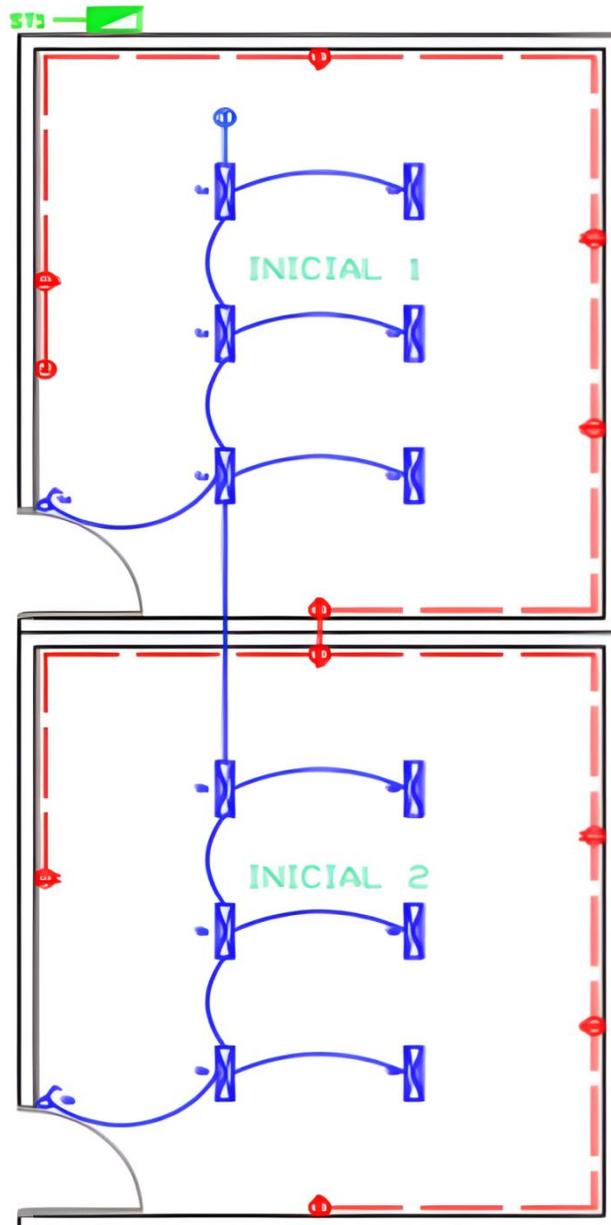


Figura 19 Plano de levantamiento Inicial 1-2

3) Plano de Rediseño aula Inicial 1 y 2

Se puede apreciar el plano de rediseño como luego de los cálculos quedó las aulas de Inicial 1 y 2.

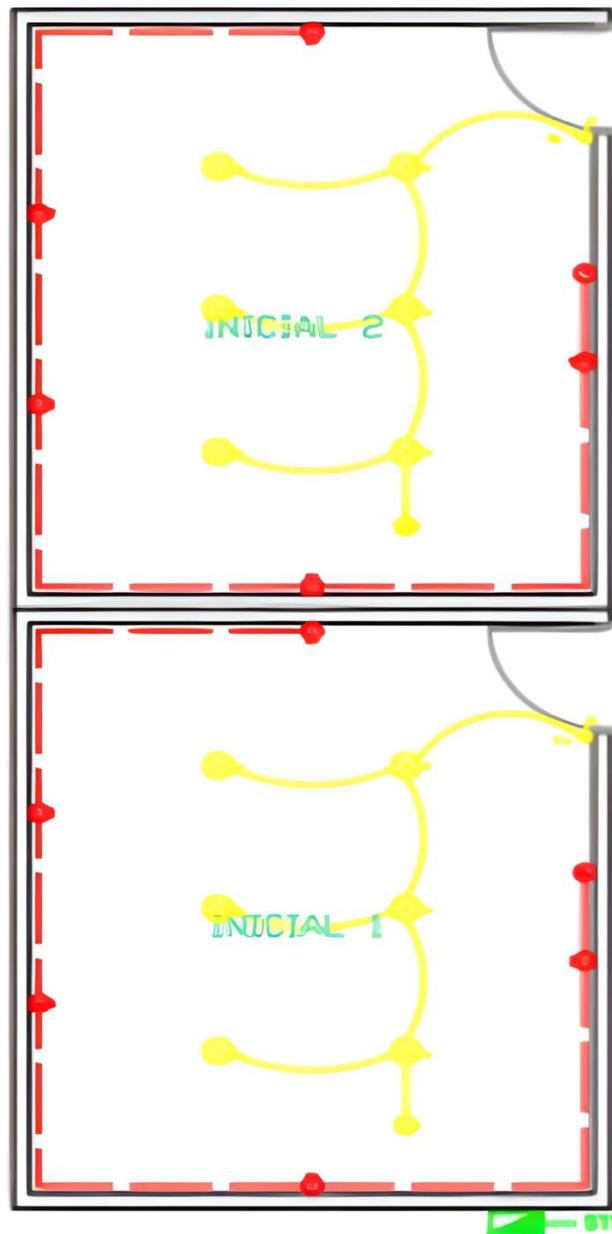


Figura 20 Plano de Rediseño inicial 1-2.

4) **Fotografía de Implementación aula Inicial 1-2**

La fotografía muestra el aula de inicial 1-2 luego de la implementación del diseño, con, la instalación de lo diseñado, con las mediciones con el luxometro.



Figura 21 Implementación Inicial1-2

5) **Fotografía Levantamiento 1ro de Básica**

La fotografía muestra , la situación inicial del aula al momento del levantamiento, las luminarias se encontraban a una altura muy alta, la cual se corregirá en la implementación.



Figura 22 Fotografía levantamiento 1ro de Básica

6) Plano de levantamiento aula de 1ro de Básica

Se diseña el plano de la situación inicial del aula de 1ro de Básica, se muestra como se encuentra en este momento.

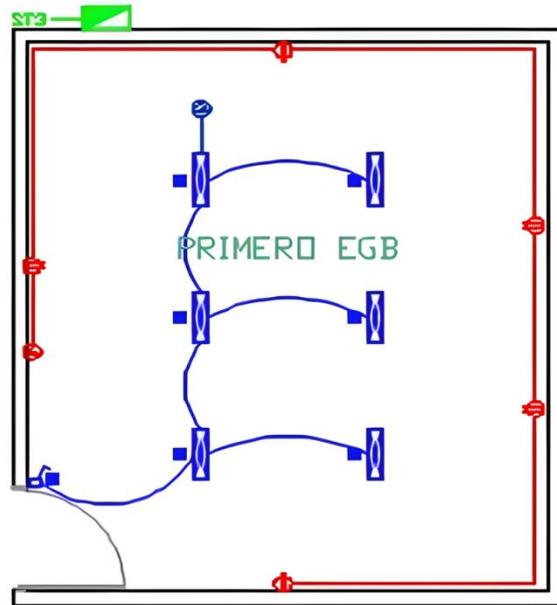


Figura 23 Levantamiento inicial 1ro de Básica

7) Plano de rediseño 1ro de Básica

El plano de el rediseño tal como ha quedado en el aula escolar de 1ro de Básica

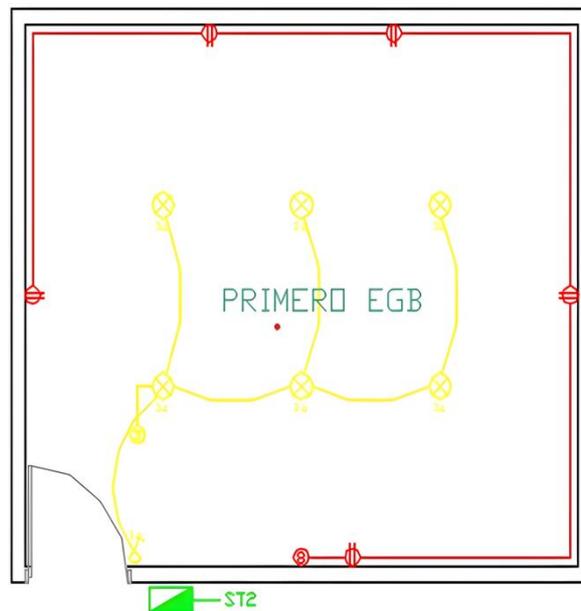


Figura 24 Implementación 1ro de Básica

8) Fotografía de implementación aula 1ro de Básica.

En la fotografía se muestra la implementación en el aula de 1ro de Básica, después de la implementación, mas adelante en el capítulo de pruebas se verificará los voltajes y las corrientes y que la cantidad de lux se encuentren dentro del rango adecuado.



Figura 25 Implementación de 1ro de Básica

9) Fotografía levantamiento aula de 2do-3ro EGB.

La fotografía muestra, la realidad al momento del levantamiento inicial de las aulas de 2do y 3ro de básica. Prácticamente son iguales, lo que se va a corregir mas adelante en el trabajo de implementación



Figura 26 Fotografía levantamiento inicial EGB.

10) Plano levantamiento Levantamiento aula 2do-3ro EGB

Se puede visualizar el plano de levantamiento de las aulas de 2do y 3ro de básica. Se muestra como ha quedado desarrollado, y en capítulo de anexos se pueden encontrar los planos de los circuitos.

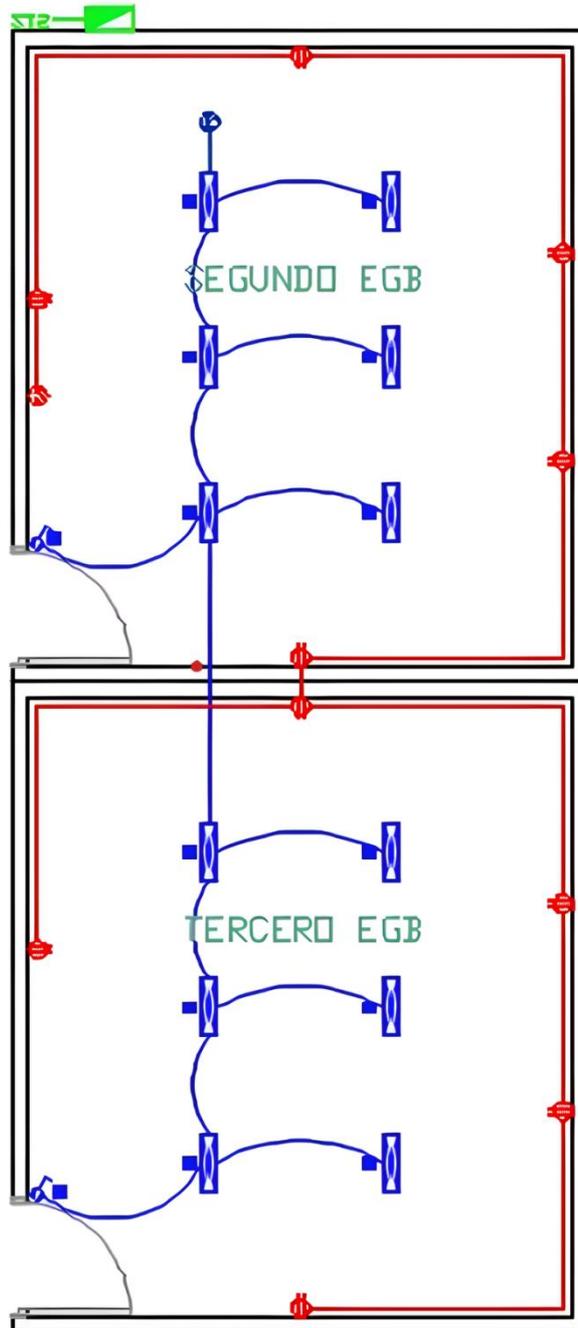


Figura 27 Plano de levantamiento 2do - 3ro EGB

11) Plano de rediseño aula 2do - 3ro de EGB.

Se muestra el rediseño de los circuitos de 2do y 3ro de Básica como se proyecta instalar, ya que las aulas son similares se adjunta la fotografía de la situación final de las aulas, en los anexos se muestran todos los planos y fotografías de los trabajos realizados.

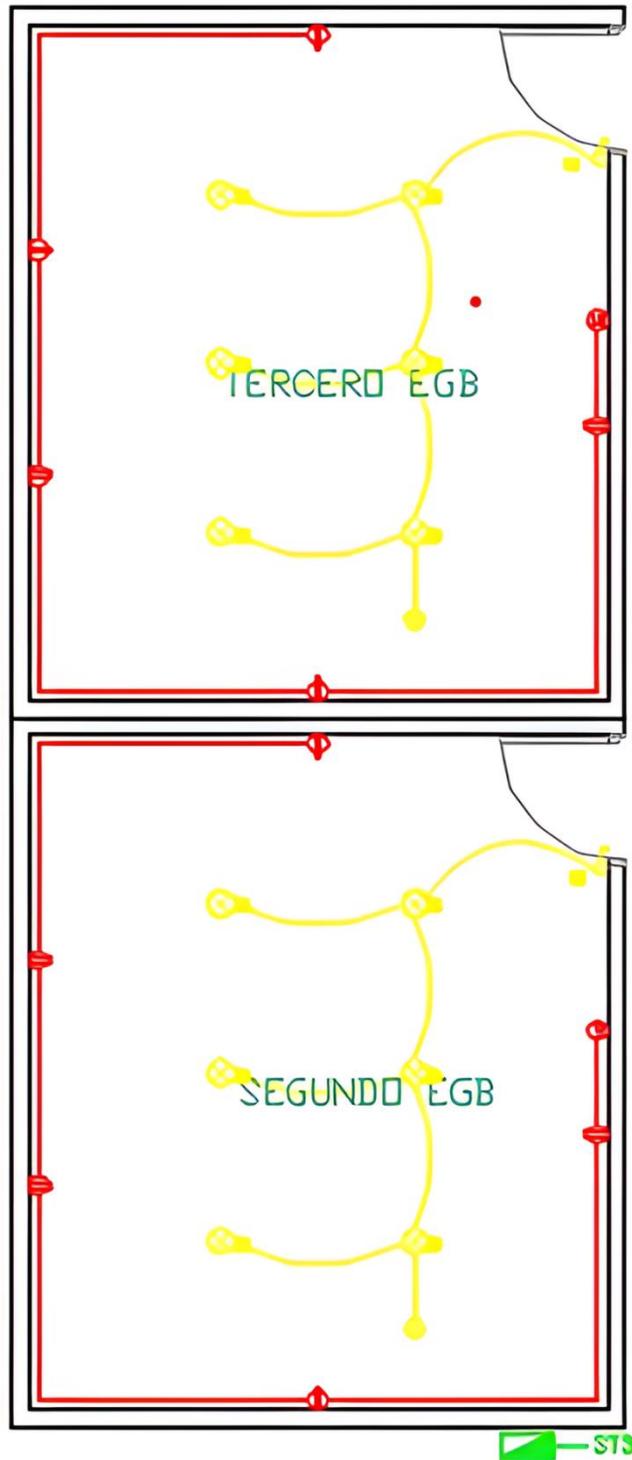


Figura 28 Plano de Rediseño de 2do- 3ro EGB.

12) Fotografía Implementación rediseño aula 2do-3ro EGB.

Se muestra en la fotografía la instalación de implementación en el aula escolar de segundo de EGB, se coloca la tubería de conducción para protección de los conductores.



Figura 29 Implementación 2do, 3ro EGB.

- 1) **Instalación de puesta a tierra.** Se realizó la instalación de la puesta a tierra, puesto que la escuela no contaba con esta instalación. Se consideró una varilla cooperweld, de 1.80mt de longitud y 16 mm de diámetro.



Figura 30 Instalación de Varilla a Tierra

Se realizó el pozo necesario con las especificaciones para este propósito, también se colocó el GEM para mejoramiento, el conductor adecuado según nos señala la norma NEC, en su

apartado 8.5.1 el conductor seleccionado para este fin es el numero 8 AWG -7 hilos, y se colocó su respectivo el molde para que tenga, una solida conexión con la suelda exotermica.

- 2) **Instalación de tomacorrientes.** Se procedió a instalar el conductor de protección a tierra número,14 THHN en los circuitos de toma corrientes, ya que en algunos no existía para garantizar la instalación en los circuito de las aulas escolares, para lo cual se realizó, el retiro de los conductores de los circuitos para la instalación del conductor, se reemplazo los toma corrientes en mal estado y se instaló otros, que no existían quedando de manera correcta la instalación e implementación de los circuito de tomacorrientes.



Figura 31 Instalación de Tomacorrientes

- 3) **Instalación de centros de carga.** Se instaló los centros de carga para cada bloque de aulas, en el caso de inicial 1 y 2 se independizo los circuitos de acuerdo a la normativa NEC cada aula queda con un circuito individual para iluminación y tomacorrientes, anteriormente, se encontraba un solo circuito, a pesar de que cumplía la norma pero se realizo una mejora individualizando dichos circuitos para cada aula.

En el caso del aula de 1ro de Básica, el centro de carga cumple las especificación , pero se realiza la corrección de protecciones las cuales estaban de 32A para los dos circuitos, en la mejora se instala un interruptor termomagnético de 15A para el circuito de

iluminación y otro de 20 A para el circuito de tomacorrientes.



Figura 32 Instalación de centros de carga

CAPÍTULO IV

4. Pruebas, Resultados y Discusión.

1) *Comprobación de caída de tensión en circuitos de iluminación*

Luego, de la implementación de todos los elementos proyectados, procedemos a realizar mediciones de voltaje, procedemos a tomar la lecturas de voltaje en los circuitos y verificar el cumplimiento de caída de tensión en el rango que permite la norma en este caso la NEC.

Para este trabajo de verificación, lo haremos con un equipo marca fluke modelo 376C que se muestra las características, en la siguiente figura.



Figura 33 Pinza amperimétrica Fluke

El equipo presenta una características, que se puede apreciar en la siguiente figura se ha utilizado para registrar los valores de voltaje y corriente en esta prueba. En este caso se va a analizar los circuitos de iluminación de forma inicial. Se lo hará a plena carga es decir encendidos los 6 bombillos de 40 W instalados.

Las pruebas realizadas son pasos para verificar si las caídas de tensión, en especial en el punto mas lejano de los circuitos cumplen con el porcentaje de la norma que de be estar en máximo 3 % .

Tabla 26 Resumen caída de tensión Iluminación

Aulas Escolares	Voltaje Inicial	Voltaje Final con Carga
Inicial 1	125.9 V	124.1 V
Inicial 2	125.9 V	124.1 V
1ro EGB	125.9 V	123.4 V
2do EGB	125.9 V	123.9 V
3ro EGB	125.9 V	123.9 V

Nota: Elaboración propia.

Tomando en cuenta que el circuito mas lejano se encuentra a 40 mt desde el tablero desde el contador de electricidad que es el punto de entrega , tomamos como referencia el voltaje Inicial que es 125.9 V, y tomamos para el calculo de la caída de tensión el voltaje con carga del circuito mas alejado que nos da 123.4 V, caída de tensión de 2.5 V realizamos el calculo de el porcentaje de caída de tensión y nos da como resultado 1.99 %, que para el efecto la norma NEC, nos establece que esta dentro de los parámetros permitidos de es del 3%.



Figura 34 Voltaje Aula mas alejada.

2) *Caídas de tensión en tomacorrientes*

Tenemos en la tabla un resumen de los voltajes reales que se encuentran en los circuitos de tomacorrientes.

Figura 35 Resumen caída de tensión en tomacorrientes

Aulas Escolares	Voltaje sin carga	Voltaje con carga
Inicial 1	125.9 V	124 V
Inicial 2	125.9 V	124V
1ro EGB	125.9 V	122.2 V
2do EGB	125.9 V	123.4 V
3ro EGB	125.9 V	123.2 V

Nota: Elaboración propia.

En la siguiente tabla 35 se muestra un resumen de los datos, recopilados en las aulas, para verificar que se encuentren dentro del rango de caída de tensión permitido, que es de un 3%., se realizo las pruebas con la iluminación de todas las aulas encendidas, y ademas se conecto un caja amplificadora en el circuito de tomacorrientes del aula mas alejada de 1ro EGB que esta a una distancia de 40 mt, nos da una caída de tensión, de 3.7 V que transformados a porcentaje nos da un resultado de 2.94 % que tomando en cuenta la Norma vigente en Ecuador , estamos dentro del rango permitido.

En la siguiente figura se muestra la toma de voltaje de el aula mas alejada para este calculo de caída de tensión en los circuitos de tomacorrientes , se verifica con el equipo de medida.



Figura 36 Voltaje de los tomacorrientes en el circuito mas alejado

3) *Comprobación de cumplimiento de Iluminancia media en las Aulas escolares.*

La verificación que realizaremos, es el cumplimiento de la norma europea, UNE-EN 12464-1:2018 la cual indica que se debe cumplir la Iluminancia media (**Em**), para centros educativos que en este caso son 300 lux, como lectura media en las aulas escolares.

Para esta verificación se va a utilizar un luxómetro, marca U NI-T modelo UT383. que puede medir dentro del rango de 0 a 9999 lux, a una altura máxima de 2000 msnm, en un rango de temperatura de 0 a 40°C , con un porcentaje de humedad hasta 80 %, para uso en interiores , en la siguiente figura se muestra el equipo.



Figura 37 Luxometro, U NI-T modelo UT383

Disponiendo del luxometro, procedemos a tomar las medidas de iluminación en cada aula para verificar que cumpla en iluminación al momento no tenemos una norma que emita las reglas en cuanto a parámetros mínimos , que deben tener los establecimientos educativos, tomaremos como referencia los valores medios de la norma europea antes mencionada al inicio de este numeral, presentamos un resumen en la siguiente tabla de las mediciones realizadas y si cumple o no los niveles de iluminación . En el anexo fotográfico se muestra las mediciones realizadas con el luxometro.

Tabla 27 Resumen de lecturas tomadas con el Luxometro

Aulas Escolares	Lux Inicial Levantamiento	Lux Final Implementación	Norma Europea UNE-EN 12464-1:2018
Inicial 1	175 lux	347 lux	Cumple
Inicial 2	150 lux	338 lux	Cumple
1ro EGB	180 lux	336 lux	Cumple
2do EGB	190 lux	351 lux	Cumple
3ro EGB	190 lux	369 lux	Cumple

Nota: Elaboración Propia

4) Verificación de resistencia en varilla a tierra

Se procede a verificar la impedancia que se registra en la varilla a tierra que marca en 23.9Ω para la tierra instalada se encuentra dentro del rango, según la norma NEC indica lo siguiente: “Asegúrese de que la impedancia del sistema a la conexión a tierra física sea de menos de 25 ohmios, tal como se especifica en NEC 250.56. En instalaciones con equipo sensible, debe ser de 5,0 ohmios o menos.” para que se encuentre en el rango que permite la norma, se utilizara una pinza, marca MEGGER en los anexos se puede visualizar la instalación de la misma, y la verificación que se encuentra dentro de los parámetros que exige la norma.



Tabla 28 Medición de Varilla de tierra

5) Verificación de la correcta polarización en tomacorrientes.

Para la verificación de la polarización en los circuitos de fuerza o tomacorrientes, se utilizara un probador marca Truper modelo 17241-PROCO-C, en la siguiente figura se muestra dicha prueba la secuencia de fallas comunes y también comprueba si se encuentran instalados de manera correcta., al encenderse las luces según la descripción de la figura que se muestra a continuación.

Secuencia de luces que indican las fallas más comunes en el cableado

Indicador de falla	Explicación																		
<table border="0"> <tr> <td>■</td> <td>■</td> <td>Conexión a tierra abierta</td> </tr> <tr> <td>■</td> <td>■</td> <td>Neutro abierto</td> </tr> <tr> <td>■</td> <td>■</td> <td>Vivo abierto</td> </tr> <tr> <td>■</td> <td>■</td> <td>Vivo / Tierra invertido</td> </tr> <tr> <td>■</td> <td>■</td> <td>Vivo / Neutro invertido</td> </tr> <tr> <td>■</td> <td>■</td> <td>Correcto</td> </tr> </table>	■	■	Conexión a tierra abierta	■	■	Neutro abierto	■	■	Vivo abierto	■	■	Vivo / Tierra invertido	■	■	Vivo / Neutro invertido	■	■	Correcto	<p>El contacto a tierra no está conectado</p> <p>El contacto neutro no está conectado</p> <p>El contacto vivo no está conectado</p> <p>Las conexiones vivo y de tierra están invertidas</p> <p>Las conexiones vivo y neutro están invertidas</p> <p>El receptáculo está cableado correctamente</p>
■	■	Conexión a tierra abierta																	
■	■	Neutro abierto																	
■	■	Vivo abierto																	
■	■	Vivo / Tierra invertido																	
■	■	Vivo / Neutro invertido																	
■	■	Correcto																	

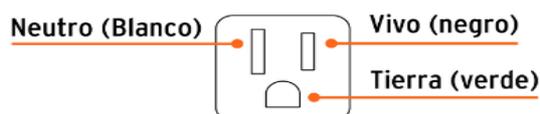


Figura 38 Descripción de lecturas de tierra física

En la figura se muestra la verificación de la correcta conexión de los tomacorrientes y la presencia de tierra física.



Figura 39 Verificación de tierra física en tomacorrientes

6) Verificación de corriente en centro de carga.

Se procede a verificar la corriente en los centros de carga, y se mide la corriente para determinar si las protecciones de los circuitos esta seleccionadas de manera correcta y cumplen con la normativa de rango de corriente para los circuitos de iluminación de 16A y para los circuitos de fuerza de 20 A

En la siguiente tabla se muestra las corriente en los centros de carga.

Tabla 29 Resumen de corrientes en centros de carga

Aulas Escolares	I corriente Iluminación	I corriente Tomas	Proteccion Iluminación	Proteccion tomas	Dimensionamiento Proteccion
Inicial 1	2.73 A	3.8 A	15 A	20 A	Correcto
Inicial 2	2.73 A	3.8 A	15 A	20 A	Correcto
1ro EGB	2.73 A	3.8 A	15 A	20 A	Correcto
2do EGB	2.73 A	3.8 A	20 A	20 A	Correcto
3ro EGB	2.73 A	3.8 A	20 A	20 A	Correcto

Nota: Elaboración propia

Las protecciones dimensionadas y se muestran en concordancia con la normativa ,para la justificación del circuito de tomacorrientes ver en la figura.



Figura 40 Centro de carga con protecciones dimensionadas

CAPÍTULO V

5. Conclusiones y Recomendaciones.

5.1. Conclusiones

1) La implementación de un rediseño en las instalaciones eléctricas de fuerza e iluminación en las aulas de la Unidad Educativa “Pío Jaramillo” ha permitido optimizar en eficiencia energética, reduciendo el consumo de energía eléctrica y mejorando la calidad del suministro eléctrico gracias a las luminarias mas eficientes que se ha colocado y realizado mediciones que cumplen con los lux que exigen normativas internacionales en este caso la norma UNE-EN 12464-1:2018.

2) Se ha cumplido con las normas que rigen a nivel nacional e internacional para iluminación, en el desarrollo del proyecto, el mismo que garantiza la seguridad eléctrica de las instalaciones mediante el uso de materiales y dispositivos de buena calidad , y la mejora distribución de los circuitos, cumpliendo las caídas de voltaje máximos en el dimensionamiento y verificación de los conductores, Cumpliendo la Norma NEC.

3) La actualización de las instalaciones ha incorporado sistemas de protección adecuados, como interruptores termomagnéticos dimensionados correctamente y sistema de puesta a tierra efectivos, ya que no existía la misma, polarización correcta de los tomacorrientes, reemplazando componentes averiados, minimizando los riesgos de cortocircuitos, sobrecargas y electrocución en todas las personas que componen la comunidad educativa.

4) El nuevo diseño eléctrico, permitirá futuras ampliaciones y adaptaciones de manera sencilla, pudiendo ser , ampliadas sin la necesidad de realizar cambios radicales en la infraestructura existente, durante su vida útil.

5) Se ha realizado el rediseño utilizando simuladores , para dimensionar de manera correcta previa la instalacion para mejoramiento del nivel de iluminación siguiendo esta misma linea se aplicó, todas la facilidades tecnológicas como son información técnica verificada, cálculos y diferentes metodologías de investigación que nos lleve a cumplir el objetivo de realizar un proyecto, correctamente diseñado.

5.2. Recomendaciones

1) Difundir buenas practicas de seguridad en el campo eléctrico, funcionamiento, y mantenimiento, de las instalaciones eléctricas en general, al personal de mantenimiento de las unidades educativas.

2) Fomentar la cooperación institucional en la ejecución de estos proyectos ,que se traducen en beneficio para las unidades educativas , instituciones gubernamentales, áreas de ayuda social, y se deben buscar mecanismos para que esta modalidad de implementación de proyectos, sea una alianza estratégica con las instituciones que lo necesitan.

3) El personal educativo debe colaborar con el reporte de anomalías en el sistema eléctrico de tal manera que se pueda realizar un seguimiento constante de mantenimiento, y monitoreo de el sistema eléctrico en general.

BIBLIOGRAFÍA

DIAL GmbH. (2024). DIALux. Obtenido de <https://generativeways.com/disenio-y-calculoluminico-con-dialux-2/>

Norma Europea sobre Iluminación para Interiores UNE 12464.1
<https://hospitecna.com/sites/default/files/158833991931588339919.pdf>

Blog sobre Iluminación, Que es la temperatura del color.
<https://www.celerlight.com/que-es-la-temperatura-de-color/>

Pérez, N. A. y Ávila, J. (2021). *Ley de Ohm. En Implementación de circuitos lógicos.* Portal Académico del CCH, UNAM.

<https://portalacademico.cch.unam.mx/cibernetica1/implementacion-de-circuitos-logicos/ley-de-ohm>

INEN. (2014). *RTE-091.*
<https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/reglamentos/RTE-091.pdf>

Arcioni, J. C. (2020). *Puesta a Tierra de Instalaciones y Sistemas Eléctricos de BT, MT y AT:* (ed.). Jorge Sarmiento Editor - Universitas.
<https://elibro.net/es/lc/ister/titulos/172534>

NEC-SB-IE. (5 de febrero de 2018). NEC - Normativa Ecuatoriana de la Construcción. Ministerio de desarrollo urbano y vivienda. Obtenido de <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/03/NEC-SB-IE-Final.pdf>

Conelsa. (2024). Conelsa – Cable Seguro. <https://conelsa.com.ec/>

Caminos, J. A. (2011). Criterios de diseño en iluminación y color: Especialización en higiene y seguridad en el trabajo. Editorial de la Universidad Tecnológica Nacional.

Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) & Comité Español de

Iluminación (CEI). (2020). Guía técnica de eficiencia energética en iluminación: Centros docentes. IDAE.

Castilla Cabanes, N., Blanca Giménez, V., Martínez Antón, A., & Pastor Villa, R. M. (2011). Luminotecnia: Cálculo según el método de los lúmenes. Universitat Politècnica de València. <http://hdl.handle.net/10251/12833>

ANEXOS

Anexo 1. Carta de aceptación de UE “Pío Jaramillo”



UNIDAD EDUCATIVA “PIO JARAMILLO ALVARADO”

Vía al Tena km 7 Fátima-Pastaza-Ecuador Teléfonos: 03-2798 045

Correo: piojaramillo1950@hotmail.com

CARTA DE ACEPTACIÓN

La Unidad Educativa Pío Jaramillo Alvarado, a petición del interesado Sr. Ángel Marcelo Moya Cueva, con Cedula de ciudadanía 160035551-3:

Certificamos que se aceptado, la ejecución del Proyecto de Integración Curricular, denominado, “Rediseño e implementación de las instalaciones eléctricas, de fuerza e iluminación en 5 aulas de la Unidad Educativa Pío Jaramillo en la Provincia de Pastaza” por parte del interesado. Además, podemos informar que un proyecto de estas características, no se ha desarrollado anteriormente en esta institución.

Esto es todo, lo que podemos certificar, el interesado puede hacer uso de este documento, menos para fines legales.

Atentamente,

MSc. Milton Pagalo

RECTOR DE LA U.E. “PIO JARAMILLO”



Anexo 2 . Acta de entrega y recepción del proyecto a UE “Pio Jaramillo”



UNIDAD EDUCATIVA “PIO JARAMILLO ALVARADO”

Vía al Tena km 7 Fátima-Pastaza-Ecuador Teléfonos: 03-2798 045
Correo: piojaramillo1950@hotmail.com

Fátima, 05 de agosto de 2024

ACTA DE ENTREGA RECEPCIÓN

Unidad Educativa Pio Jaramillo Alvarado, luego de la implementación y culminación de los trabajos realizados con relación al proyecto denominado **“REDISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE FUERZA E ILUMINACIÓN DE 5 AULAS DE LA UNIDAD EDUCATIVA “PIO JARAMILLO ALVARADO”** Desarrollado por el Sr. Ángel Marcelo Moya Cueva CC. 160035551-3, INFORMA QUE SE HA RECIBIDO A SATISFACCIÓN DICHO PROYECTO.

Por lo que expresamos el agradecimiento, por la implementación del mismo que ayudara a nuestra institución educativa en el desarrollo de las actividades escolares.

Es todo lo que puedo certificar, por lo cual se extiende la presente Acta Entrega Recepción del proyecto para lo cual los interesados firman en duplicado a continuación.


Sr. Ángel Marcelo Moya Cueva
ESTUDIANTE “Universitario Rumiñahui”



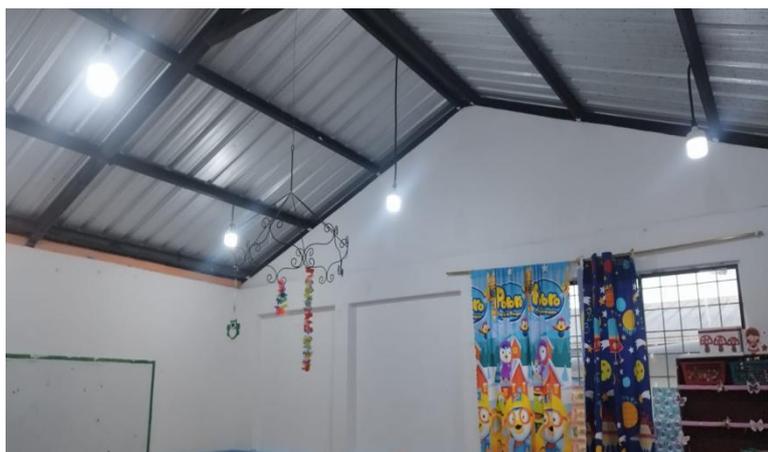

MSc. Milton Pagalo
RECTOR (E)

Anexo 3. Registro fotográfico

Se muestra en la figura, la implementación del aula que corresponde a Inicial 1, una vez concluido el trabajo y verificado el nivel adecuado de luminosidad.



Se muestra en la figura, la implementación del aula que corresponde a Inicial 2, una vez concluido el trabajo y verificado el nivel adecuado de luminosidad.



Se muestra en la figura, la implementación del aula que corresponde a Primero de Básica, una vez concluido el trabajo y verificado el nivel adecuado de luminosidad.



Se muestra en la figura, la implementación del aula que corresponde a Segundo de Básica, una vez concluido el trabajo y verificado el nivel adecuado de luminosidad.



Se muestra en la figura, la implementación del aula que corresponde a Inicial 1, una vez concluido el trabajo y verificado el nivel adecuado de luminosidad.



En la figura podemos apreciar la instalacion del cable de tierra física ya que como no existía dicho cable, no se podía tener una proteccion efectiva.



En la siguiente figura se muestra la instalación de la varilla en el lugar que se instaló para tener una protección a tierra ya que anteriormente no existía y fue una de los objetivos planteados



En la fotografía se muestra la colocación del molde para realizar la suelta exotermica, entre la varilla a tierra y el conductor, ya que debe haber una solida conexión no existía y se realizó la instalacion



En la figura se muestra la medición de lux, que se tomo alrededor de toda el aula y se adjunta la fotografía del resultado verificando que se cumple con la norma



Las mediciones de que se tomaron se colocan como evidencia , que se verificó , y cumple con la norma con el luxometro están con el nivel adecuado.



Esta fotografía también se muestra, como en todos los ambientes que se tomaron las mediciones cumple con el nivel de iluminación para aulas escolares.



Anexo 4 Carpeta De Documentos Planos Simulaciones

<https://drive.google.com/drive/folders/1-C-JcjoQnNyD1I6OxAuLI2EZtbYckeAO?usp=sharing>

Anexo 5 Link del video

https://drive.google.com/file/d/1soBUoChraBeVmsmHS1iAFk-pQkYHnV8j/view?usp=drive_link

Anexo 6 Link del video predefensa

<https://youtu.be/0t5JPoVSzv8?feature=shared>