

Pregrado

Carrera: ELECTRICIDAD

Asignatura (UIC): Desarrollo de Proyectos Eléctricos

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

**Tema: REPOTENCIACIÓN DEL SISTEMA
ELÉCTRICO DE ILUMINACIÓN Y FUERZA
EN SEIS AULAS, UNA DIRECCIÓN Y NUEVE
BAÑOS DENTRO DE LA ESCUELA DE
EDUCACIÓN BÁSICA “GALO PLAZA LASSO”,
UBICADO EN LA CIUDAD DE LATACUNGA,
PROVINCIA DE COTOPAXI**

**Autor/s: JEFFERSON STALIN CHACHAPOYA VEGA
ROSA ELVIA FARINANGO LANCHIMBA
ALVARO DAVID ZURITA BENITEZ**

**Tutor metodológico:
LUIS DANIEL ANDAGOYA ALBA**

**Tutor Técnico:
CONTENTO VILLAGRAN FRANCISCO DAVID**

Sangolquí, 05 de septiembre del 2024



Autor:



(CHACHAPOYA VEGA JEFFERSON STALIN)

Título a obtener: Tecnólogo Superior en Electricidad

Matriz: Sangolquí -Ecuador

Correo electrónico: jefferson.chachapoya@ister.edu.ec

Autor:



(FARINANGO LANCHIMBA ROSA ELVIA)

Título a obtener: Tecnólogo Superior en Electricidad

Matriz: Sangolquí -Ecuador

Correo electrónico: rosa.farinango@ister.edu.ec

Autor:



(ZURITA BENITEZ ALVARO DAVID)

Título a obtener: Tecnólogo Superior en Electricidad

Matriz: Sangolquí -Ecuador

Correo electrónico: alvaro.zurita@ister.edu.ec

Dirigido por:



Luis Daniel Andagoya Alba

Título: Master en Integración de las Energías Renovables en el Sistema Eléctrico / Ingeniero Eléctrico.

Matriz: Sangolquí -Ecuador

Correo electrónico: luis.andagoya@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

(CHACHAPOYA VEGA JEFFERSON

STALIN, FARINANGO LANCHIMBA

ROSA ELVIA, ZURITA BENITEZ

ALVARO DAVID)

**(REPOTENCIACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE ILUMINACIÓN Y
FUERZA EN SEIS AULAS, UNA DIRECCIÓN Y NUEVE BAÑOS DENTRO DE LA
ESCUELA DE EDUCACIÓN BÁSICA “GALO PLAZA LASSO”, UBICADO EN LA
CIUDAD DE LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI)**

CARTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CT-ANX-2024-ISTER-6-6.2

Sangolquí, 17 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, Jefferson Stalin Chachapoya Vega declaro y acepto en forma expresa lo siguiente: Ser autor del trabajo de titulación denominado REPOTENCIACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE ILUMINACIÓN Y FUERZA EN SEIS AULAS, UNA DIRECCIÓN Y NUEVE BAÑOS DENTRO DE LA ESCUELA DE EDUCACIÓN BÁSICA “GALO PLAZA LASSO”, UBICADO EN LA CIUDAD DE LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI, 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,



Jefferson Stalin Chachapoya Vega
C.I.: 175329765-2

CARTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CT-ANX-2024-ISTER-6-6.2

Sangolquí, 16 de 10 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, **Rosa Elvia Farinango Lanchimba** declaro y acepto en forma expresa lo siguiente: Ser autor del trabajo de titulación denominado “**Repotenciación del sistema eléctrico de iluminación y fuerza en seis aulas, una dirección y nueve baños dentro de la Escuela de Educación Básica Galo Plaza Lasso, ubicado en la ciudad de Latacunga, provincia de Cotopaxi**”, 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,



Rosa Elvia Farinango Lanchimba
C.I.: 1719438135

MATRIZ SANGOLQUÍ: Av. Atahualpa 1701 y 8 de Febrero

Telf: 0960052734 / 023524576 / 022331628

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

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

CT-ANX-2024-ISTER-6-6.2

Sangolquí, 17 de octubre del 2024

**MSc. Elizabeth Ordoñez
DIRECTORA DE DOCENCIA**

**MSc. Mónica Loachamín
COORDINADORA DE TITULACIÓN**

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

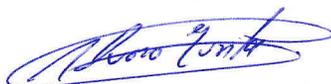
Presente

Por medio de la presente, yo, Alvaro David Zurita Benitez declaro y acepto en forma expresa lo siguiente: Ser autor del trabajo de titulación denominado REPOTENCIACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE ILUMINACIÓN Y FUERZA EN SEIS AULAS, UNA DIRECCIÓN Y NUEVE BAÑOS DENTRO DE LA ESCUELA DE EDUCACIÓN BÁSICA “GALO PLAZA LASSO”, UBICADO EN LA CIUDAD DE LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI, 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,



Alvaro David Zurita Benitez
C.I.: 171726758-5

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

CT-ANX-2024-ISTER-1

CARRERA:
ELECTRICIDAD

AUTOR /ES:
JEFFERSON STALIN CHACHAPOYA VEGA
ROSA ELVIA FARINANGO LANCHIMBA
ALVARO DAVID ZURITA BENITEZ

TUTOR:
ING. LUIS DANIEL ANDAGOYA ALBA

CONTACTO ESTUDIANTE:
0987887774

CORREO ELECTRÓNICO:
jefferson2001ch@hotmail.com

TEMA:
REPOTENCIACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE ILUMINACIÓN Y FUERZA EN
SEIS AULAS, UNA DIRECCIÓN Y NUEVE BAÑOS DENTRO DE LA ESCUELA DE
EDUCACIÓN BÁSICA “GALO PLAZA LASSO”, UBICADO EN LA CIUDAD DE
LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI

OPCIÓN DE TITULACIÓN:
UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

RESUMEN EN ESPAÑOL:

El presente documento previo la obtención del título de Tecnología Superior en Electricidad, daremos a conocer la forma con que se realizara la repotenciación de la escuela “Galo Plaza Lasso” ubicada en la ciudad de Latacunga, en la cual serán objeto de la mencionada repotenciación seis aulas, una dirección y nueve baños, enmarcados en la normativa aplicable al estudio, con el fin de mejorar el funcionamiento de las instalaciones y el confort de los estudiantes y profesores de la institución.



Dentro del proyecto utilizaremos herramientas como Dialux con la cual determinaremos la cantidad de iluminación necesaria para el ambiente, y AutoCAD con el cual se realizó los planos estructurales requeridos con los cuales justificaremos tanto el inicio así como los resultados esperados, a más de ellos encontraremos los cálculos y simulaciones necesarias para llegar al fin planteado, es muy importante mencionar que los materiales utilizados en el proyecto se escogieron con mucho cuidado y rigurosidad para cumplir con todos los requerimientos que solicita la normativa aplicable.

Debemos acotar la importancia de las pruebas necesarias para demostrar el correcto funcionamiento de los sistemas de iluminación y fuerza de la institución, y entregar el proyecto a total satisfacción de las partes interesadas.

PALABRAS CLAVE:

cargas; circuitos eléctricos; diseño eléctrico; electricidad; fuerza;

ABSTRACT:

This document prior to obtaining the title of Higher Technology in Electricity, we will announce the way in which the repowering of the “Galo Plaza Lasso” school located in the city of Latacunga will be carried out, in which six will be subject to the aforementioned repowering classrooms, an address and nine bathrooms, framed in the regulations applicable to the study, in order to improve the operation of the facilities and the comfort of the students and teachers of the institution.

Within the project we will use tools such as Dialux with which we will determine the amount of lighting necessary for the environment, and AutoCAD with which the required structural plans were made with which we will justify both the start as well as the expected results, in addition to them we will find the calculations and simulations necessary to reach the proposed goal, it is very important to mention that the materials used in the project were chosen with great care and rigor to comply with all the requirements requested by the applicable regulations.

We must limit the importance of the tests necessary to demonstrate the correct functioning of the institution's lighting and power systems, and deliver the project to the complete satisfaction of the interested parties.

PALABRAS CLAVE:

loads; electrical circuits; electrical design; electricity; force;



SOLICITUD DE PUBLICACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CT-ANX-2024-ISTER-2

Sangolquí, 17 de octubre del 2024

Sres.-

INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO RUMIÑAHUI CON CONDICIÓN DE UNIVERSITARIO

Presente

A través del presente me permito aceptar la publicación del trabajo de titulación de la Unidad de Integración Curricular en el repositorio digital "DsPace" del estudiante: Jefferson Stalin Chachapoya Vega, con C.I.: 175329765-2 alumno de la Carrera ELECTRICIDAD.

Atentamente,

Firma del Estudiante

C.I.: 175329765-2

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 ____/____/____

MATRIZ SANGOLQUÍ: Av. Atahualpa 1701 y 8 de Febrero

Telf: 0960052734 / 023524576 / 022331628

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

SOLICITUD DE PUBLICACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CT-ANX-2024-ISTER-2
Sangolquí, 16 de octubre del 2024

**Sres.-
INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO RUMIÑAHUI CON CONDICIÓN DE
UNIVERSITARIO**

Presente

A través del presente me permito aceptar la publicación del trabajo de titulación de la Unidad de Integración Curricular en el repositorio digital “DsPace” del estudiante: **Rosa Elvia Farinango Lanchimba**, con C.I.: 1719438135 alumno de la Carrera ELECTRICIDAD.

Atentamente,



Firma del Estudiante
C.I.: 1719438135

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 ____ / ____ / ____

SOLICITUD DE PUBLICACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CT-ANX-2024-ISTER-2
Sangolquí, 17 de octubre del 2024

**Sres.-
INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO RUMIÑAHUI CON CONDICIÓN DE
UNIVERSITARIO**

Presente

A través del presente me permito aceptar la publicación del trabajo de titulación de la Unidad de Integración Curricular en el repositorio digital “DsPace” del estudiante: ALVARO DAVID ZURITA BENITEZ, con C.I.: 171726758-5 alumno de la Carrera ELECTRICIDAD.

Atentamente,



Firma del Estudiante
C.I.: 171726758-5

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 mis padres, por su amor incondicional, su apoyo constante y por enseñarme que con esfuerzo y perseverancia todo se puede lograr.
A mis profesores, por su paciencia, sabiduría y guía constante a lo largo de mi formación académica. Su compromiso con mi aprendizaje ha sido una fuente de inspiración y motivación en cada paso de este proyecto.
Dedico este proyecto a todas aquellas personas que, de alguna manera, me brindaron su apoyo, consejo o una palabra de aliento durante este proceso. Gracias a ustedes, hoy puedo celebrar este logro con orgullo y satisfacción.

Chachapoya Vega Jefferson Stalin

El desarrollo de este proyecto está dedicado, primeramente, a Dios por alinear mi rumbo hacia un objetivo propuesto, sin duda a mi familia, Fer, Mati, Adri y Dany, a mis Padres y hermanos.

Farinango Lanchimba Rosa Elvia

Este proyecto está dedicado a mi padre Eduardo Zurita y mi madre Olguita Benitez quienes con todas sus enseñanzas y amor me guiaron por el camino correcto de responsabilidad y honestidad me ha permitido hoy llegar a cumplir un sueño más, y siempre están junto a mí a cada paso de mi vida.

También quiero dedicar el proyecto a mi amada esposa Flor Karina, quien con su amor y comprensión se ha convertido en un pilar fundamental en mi vida y por toda una vida juntos paso a paso.

A mis amadas hijas Vane y Ari, por ser mi inspiración para superarme cada día y poder llegar a ser un ejemplo para ellas.

A mi hermano Diego, siempre has sido y serás un apoyo en mi vida con tus consejos, enseñanzas y ejemplos para luchar siempre y no darme por vencido frente a los obstáculos de la vida.

Zurita Benitez Alvaro David

AGRADECIMIENTOS

A mi familia, por enseñarme el valor del esfuerzo y la dedicación. Su confianza en mí ha sido mi mayor fortaleza durante este proceso. Sin ustedes este logro no habría sido posible.
A mis compañeros, por su apoyo incondicional y por estar a mi lado, brindándome su compañía, ánimo y confianza. Su presencia en mi vida ha sido clave para superar los momentos difíciles y celebrar a su lado los muchos logros obtenidos.

A mi director de proyecto, por su paciencia, orientación y por compartir conmigo su conocimiento y experiencia a lo largo de todo este proceso.
A mis hermanas, que aun que se encuentren lejos de mí siempre me han apoyado, en los momentos de mi vida que sentía que ya no podía seguir, fueron la luz y fortaleza que guiaron mi camino hacia este triunfo.

A mi abuelita y mi hermano, que desde el cielo me han acompañado en cada paso de este camino. Su recuerdo fue mi mayor inspiración y su amor me ha dado la fuerza necesaria para seguir adelante.

Chachapoya Vega Jefferson Stalin

Mi gratitud siempre a Dios por ser el primero en poner todo a mi favor para culminar esta carrera, a ti Fer gracias por estar siempre a mi lado, por ser el primero en confiar en mis capacidades a mis queridos hijos Mati, Adri y Dany gracias por su empatía en este recorrido gracias por decirme siempre que confiaban en mí.

Farinango Lanchimba Rosa Elvia

A mi papito Eduardi, Gracias por ser mi guía y mi ejemplo de perseverancia y trabajo duro. Tus consejos y enseñanzas han sido pilares fundamentales en mi formación, y tu apoyo incondicional ha sido mi mayor fuente de motivación.

A mi mamita Olgui, Agradezco profundamente tu amor, tu dedicación y tus sacrificios. Eres el motor que me impulsa a seguir adelante, y tu fe en mí ha sido mi fortaleza en los momentos más difíciles. Gracias por estar siempre a mi lado.

A mi esposa Flor Karina, Gracias por ser mi compañera en este camino, por tu paciencia y comprensión en los momentos en los que tuve que dedicar más tiempo a mis estudios. Tu amor y apoyo me han dado la fuerza para superar cada obstáculo. Eres mi inspiración y mi motivación para seguir adelante.

A mis hijas Vane y Ari, Ustedes son mi mayor tesoro y mi mayor fuente de alegría. Gracias por su amor incondicional y por llenar mi vida de felicidad. Este proyecto es también para ustedes, como un recordatorio de que, con esfuerzo y dedicación, todo es posible.

A mi hermano Diego, por su cariño y apoyo incondicional en todo momento de nuestras vidas.
Gracias a todos mis maestros, por sus consejos, por guiarme, compartir su tiempo y conocimientos que me ayudaron para llegar a culminar esta meta.

Alvaro David Zurita Benite

RESUMEN

REPOTENCIACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE ILUMINACIÓN Y FUERZA EN SEIS AULAS, UNA DIRECCION Y NUEVE BAÑOS DENTRO DE LA ESCUELA DE EDUCACIÓN BÁSICA “GALO PLAZA LASSO”, UBICADO EN LA CIUDAD DE LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI

El presente documento previo la obtención del título de Tecnología Superior en Electricidad, daremos a conocer la forma con que se realizara la repotenciación de la escuela “Galo Plaza Lasso” ubicada en la ciudad de Latacunga, en la cual serán objeto de la mencionada repotenciación seis aulas, una dirección y nueve baños, enmarcados en la normativa aplicable al estudio, con el fin de mejorar el funcionamiento de las instalaciones y el confort de los estudiantes y profesores de la institución.

Dentro del proyecto utilizaremos herramientas como Dialux con la cual determinaremos la cantidad de iluminación necesaria para el ambiente, y AutoCAD con el cual se realizó los planos estructurales requeridos con los cuales justificaremos tanto el inicio así como los resultados esperados, a más de ellos encontraremos los cálculos y simulaciones necesarias para llegar al fin planteado, es muy importante mencionar que los materiales utilizados en el proyecto se escogieron con mucho cuidado y rigurosidad para cumplir con todos los requerimientos que solicita la normativa aplicable.

Debemos acotar la importancia de las pruebas necesarias para demostrar el correcto funcionamiento de los sistemas de iluminación y fuerza de la institución, y entregar el proyecto a total satisfacción de las partes interesadas.

Palabras claves: cargas; circuitos eléctricos; diseño eléctrico; electricidad; fuerza; iluminación; luxes; lúmenes; planos; repotenciación.

ABSTRACT

REPOWERING THE ELECTRICAL LIGHTING AND POWER SYSTEM IN SIX CLASSROOMS, ONE ADDRESS AND NINE BATHROOMS INSIDE THE “GALO PLAZA LASSO” BASIC EDUCATION SCHOOL, LOCATED IN THE CITY OF LATACUNGA, PROVINCE OF COTOPAXI

This document prior to obtaining the title of Higher Technology in Electricity, we will announce the way in which the repowering of the “Galo Plaza Lasso” school located in the city of Latacunga will be carried out, in which six will be subject to the aforementioned repowering classrooms, an address and nine bathrooms, framed in the regulations applicable to the study, in order to improve the operation of the facilities and the comfort of the students and teachers of the institution.

Within the project we will use tools such as Dialux with which we will determine the amount of lighting necessary for the environment, and AutoCAD with which the required structural plans were made with which we will justify both the start as well as the expected results, in addition to them we will find the calculations and simulations necessary to reach the proposed goal, it is very important to mention that the materials used in the project were chosen with great care and rigor to comply with all the requirements requested by the applicable regulations.

We must limit the importance of the tests necessary to demonstrate the correct functioning of the institution's lighting and power systems, and deliver the project to the complete satisfaction of the interested parties.

Keywords: loads; electrical circuits; electrical design; electricity; force; lightning; luxes; lumens; plans; repowering.

ÍNDICE

1	CAPÍTULO I.....	13
1.1	Planteamiento del Problema.....	13
1.2	Justificación.....	13
1.3	Alcance.....	14
1.4	Objetivos General y Específicos	15
2	CAPÍTULO II.....	17
2.1	Normativas eléctricas	17
2.1.1	Unidades.....	17
2.1.2	Normativas estándares e internacionales.....	18
2.1.3	Estudio de demanda y factor de demanda.....	18
2.1.4	Factores de demanda en iluminación y tomacorrientes	19
2.1.5	Circuitos	19
2.1.6	Calibre de conductores.....	20
2.1.7	Tableros de distribución tipo centro de carga	21
2.1.8	Protecciones contra sobre corrientes.....	22
2.1.9	Aspectos generales para la instalación	22
2.1.10	Simbología para el diseño de instalaciones eléctricas.....	23
2.2	Cables de bajo voltaje	24
2.2.1	Código de colores en cables eléctricos.....	25

2.3	Interruptores	26
2.3.1	Clases de interruptores de luz.....	26
2.4	Tomacorrientes.....	27
2.5	Tubería y cajetines	27
2.5.1	Cajas de empalme y/o derivación.....	27
2.5.2	Tubería	28
2.6	Protecciones termomagnéticas	29
2.6.1	Funcionamiento del interruptor termomagnético.....	29
2.6.2	Clasificación de interruptores termomagnéticos	31
2.7	Luminarias.....	32
2.8	Conceptos básicos de iluminación	33
2.8.1	Intensidad luminosa (candela cd).....	33
2.8.2	Flujo luminoso (lúmenes lm)	33
2.8.3	Iluminancia (lm/m ² o lux lx)	33
2.8.4	Luminancia (cd/m ²)	33
2.8.5	Iluminancia, valores de referencia	34
3	CAPÍTULO III	35
	Implementación del proyecto.....	35
3.1	Repotenciación del circuito de iluminación y fuerza de la escuela de educación básica “galo plaza Lasso”	35

	10
3.2 Diseño de iluminación.....	36
3.3 Diseño de circuitos de iluminación y fuerza	45
3.3.1 Circuitos de fuerza	45
3.3.2 Ejemplo de cálculo de un circuito de fuerza para el dimensionamiento del calibre de conductores y protecciones termomagnéticas.....	45
3.3.3 Circuitos de iluminación	48
3.3.4 Ejemplo de cálculo de un circuito de iluminación para el dimensionamiento del calibre de conductores y protecciones termomagnéticas.....	48
3.3.5 Ejemplo de cálculo para el dimensionamiento del calibre de la acometida del medidor hacia el tablero principal y su respectiva protección termomagnética.....	51
3.3.6 Instalación de Puesta a tierra.....	55
3.4 Ubicación de la Escuela de Educación Básica “GALO PLAZA LASSO”.....	58
3.5 Descripción de la implementación en cada uno de los ambientes	59
3.5.1 AULA 1.....	59
3.5.2 AULA 2.....	63
3.5.3 DIRECCIÓN.....	66
3.5.4 AULA 8.....	70
3.5.5 BAÑOS	73
3.5.6 AULA 3.....	77
3.5.7 AULA 4.....	79

	11
3.5.8 AULA 5.....	81
3.5.9 TABLERO PRINCIPAL.....	83
4 CAPÍTULO IV	86
4.1 Pruebas comparativas de las mediciones tomadas en cada una de las áreas implementadas.	87
4.1.1 Aula 1	87
4.1.2 Dirección.....	88
4.1.3 Aula 2	89
4.1.4 Aula 8	90
4.1.5 Pasillo del Aula 8	91
4.1.6 Baños.....	91
4.1.7 Pasillo de Baños	92
4.1.8 Aula 3	92
4.1.9 Aula 4	93
4.1.10 Pasillo de aulas 3 y 4.....	94
4.1.11 Aula 5	95
4.1.12 Puesta a tierra	96
5 CAPÍTULO V.....	97
5.1 Conclusiones	97
5.2 Recomendaciones.....	98

	12
5.3 Bibliografía.....	98
6 ANEXOS	101
6.1 ANEXO 1. Planos iniciales.....	101
6.1.1 AutoCAD inicial	101
6.2 ANEXO 2. Planos con diseño eléctrico de fuerza y de iluminación.....	101
6.2.1 Diseño Dialux.....	101
6.2.2 Diseño AutoCAD	101
6.3 ANEXO 3. Cuadro de dimensionamiento de conductores, protecciones termomagnéticas y cable de acometida.....	101
6.4 ANEXO 4. Planos definitivos acorde a la implementación de los circuitos de fuerza e iluminación.....	101
6.4.1 Diseño Dialux.....	101
6.4.2 Diseño AutoCAD	101
6.5 ANEXO 5. Cronograma de actividades.	101
6.6 ANEXO 6. Lista de materiales.....	101
6.7 ANEXO 7. Carta de petición de la Escuela de Educación Básica Galo Plaza Lasso. 101	
6.8 ANEXO 8. Carta de agradecimiento y conformidad por los trabajos realizados en la Escuela de Educación Básica Galo Plaza Lasso.	101

1 CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Planteamiento del Problema

Los sistemas de iluminación y de fuerza que se encuentran en la Escuela de Educación Básica “Galo Plaza Lasso” ubicado en Latacunga, provincia del Cotopaxi, se encuentran instalados de manera deficiente, podemos hallar luminarias que no funcionan, así como existe espacios donde no existe iluminación alguna, y tenemos espacios como son los baños en los cuales se encuentra una ausencia absoluta de sistema eléctrico (AUTORES).

En cuanto a los sistemas de fuerza podemos hallar también puntos en los cuales no existe flujo eléctrico posiblemente por una falla en los conductores implementados, a su vez encontramos tomas de corriente que se encuentran cortocircuitados, todo esto no está cumpliendo con la respectiva seguridad y normativa vigente para garantizar un correcto funcionamiento de estas (AUTORES).

1.2 Justificación

En respuesta a la problemática presentada en la institución se ve la necesidad de mejorar las instalaciones eléctricas en general con la inclusión de conductores, tomas y protecciones para que su funcionamiento sea el óptimo en beneficio de toda la comunidad educativa, todo ello amparado en la normativa para asegurar la calidad seguridad de las instalaciones a nivel general.

En el proyecto que presentamos se realizará una repotenciación general de las instalaciones eléctricas de iluminación y fuerza presentes en la institución incluyendo el tablero de distribución y sus respectivos dispositivos de protección, amparados bajo las normativas.

Todo esto se llevará a cabo de la mano de los materiales e implementos adecuados para el efecto garantizando que el proyecto sea funcional y no presente problema alguno, siempre

buscando la eficiencia energética tanto en consumo de energía, así como en el confort que debe proporcionar estos sistemas a nuestros estudiantes.

Este proyecto se lo eligió por la gran relevancia que presenta a nivel académico y en la comunidad beneficiada ya que se encuentran favorecidos no solo los estudiantes en la actualidad sino también a futuro ya que generación tras generación de niños y jóvenes se verán beneficiados de ambientes cómodos y seguros para desarrollar sus actividades académicas (AUTORES).

1.3 Alcance

Se debe mencionar que la Escuela de educación básica “Galo Plaza Lasso” al momento de iniciar con la recopilación de datos, por el método de observación directa de la infraestructura, este se encuentra en un estado de deterioro en el área de instalaciones eléctricas, refiriéndose a cableado eléctrico, iluminación, tomacorrientes, protecciones termomagnéticas, acometidas principal y tablero eléctrico. Una vez mencionado estos problemas, lo primero que se realizará es un dibujo en software con las medidas reales de las ocho aulas, nueve baños y la dirección con la ubicación de cada luminaria y tomacorriente, es decir, un dibujo del antes, con el objetivo de que los resultados sean verificables y comparables (AUTORES).

Con el dibujo actual, se tomará las distancias necesarias para del nuevo cableado a implementar en cada una de las seis aulas, una dirección y nueve baños, utilizando como base las normativas actuales en instalaciones eléctricas, la reducción de dos aulas con respecto al primer estudio es debido a la existencia de un presupuesto elevado y de igual manera las dos aulas que no se tomaran en cuenta actualmente no se encuentran en uso, quedando de esta manera el proyecto como una primera etapa, se realizará el presupuesto de los materiales nuevos a implementar (AUTORES).

Para la correcta implementación del proyecto, y cumplimiento de la normativa en instalaciones eléctricas, se realizará los respectivos cálculos en cada uno de los circuitos, esto con el fin de dimensionar de manera adecuada los componentes eléctricos a instalar, una vez terminado este punto, iniciaremos con la implementación de los circuitos de iluminación y fuerza según el diseño aprobado con normativas eléctricas vigentes en el país.

Se realizará pruebas y mediciones de lo implementado para verificar el correcto funcionamiento y que cumpla con las normativas con las cuales fueron diseñadas, entregaremos el dibujo final con el diseño de las nuevas posiciones de los elementos eléctricos, así como de luminarias instaladas (AUTORES).

1.4 Objetivos General y Específicos

OBJETIVO GENERAL

Repotenciar del sistema eléctrico de iluminación y fuerza implementado normativas vigentes en el área eléctrica, en seis aulas, una dirección y nueve baños dentro de la Escuela de Educación básica “Galo Plaza Lasso”, para tener un funcionamiento adecuado en las instalaciones eléctricas.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

Diagnosticar de manera precisa y objetiva el estado de las instalaciones eléctricas de la escuela de educación básica” Galo Plaza Lasso”, para realizar un primer levantamiento de información con todos los elementos que necesiten ser reparados o reemplazados por nuevos elementos, esta información se verá reflejada en un plano dibujado en, en primera instancia.

Diseñar en el programa Dialux, la cantidad de luminarias necesarias en cada aula, según su utilidad.

Diseñar, calcular y elaborar en un nuevo plano eléctrico, con todos los componentes eléctricos involucrados en el proyecto, con su adecuada capacidad de corriente y voltaje descritos en la norma ecuatoriana de construcción en instalaciones eléctricas.

Adquirir todo el material eléctrico necesario, respaldado en un presupuesto anteriormente diseñado y calculado, acorde a la disponibilidad de los distribuidores ubicados en el sector cercano a la institución.

Implementar el diseño de la parte eléctrica y de luminaria en cada una de las seis aulas, nueve baños, y un aula de rectorado.

Verificar mediante mediciones eléctricas, las correctas instalaciones y el cumplimiento de normativas en cada circuito instalado.

Generar los entregables necesarios para que el proyecto sea exitoso.

2 CAPÍTULO II

2.1 Normativas eléctricas

En el país existen normativas eléctricas y de la construcción de las que se rigen todo proyecto que implique el desarrollo de las mismas. En el Ecuador tenemos la normativa NEC, sus siglas significan “Norma Ecuatoriana de la Construcción” y dentro de esta normativa existe la normativa en instalaciones eléctricas residenciales.

Al momento de empezar a diseñar un proyecto eléctrico, es muy importante cumplir las normativas y regulaciones existentes, ya que, todo proyecto debe enfocarse en la seguridad de las personas y la seguridad en los bienes materiales, conjunto con una correcta eficiencia energética.

A continuación, se describe algunos aspectos importantes a tomar en cuenta al momento de diseñar e implementar un proyecto eléctrico en el área residencial.

2.1.1 Unidades

En el Ecuador se emplean las unidades del Sistema Internacional (S.I) de acuerdo con la Norma “NTE INEN-ISO 80000-1:2014 CANTIDADES Y UNIDADES y la (ISO 80000-1:2009, IDT)”. (NEC, 2018). En la Tabla 1, se detalla las unidades que se utilizan al momento de dimensionar cada elemento eléctrico.

Símbolo	Definición
m	Metro
m ²	Metro cuadrado
cm	Centímetro
cm ³	Centímetro cúbico
mm	Milímetro
mm ²	Milímetro cuadrado
A	Amperio
V	Voltio
W	Vatio
kWh	Kilovatio Hora
°C	Grado Celcius

Tabla 1. Unidades del (S.I) utilizada en el área eléctrica residencial. (NEC, 2018)

2.1.2 Normativas estándares e internacionales

“NFPA 70 National Electrical Code 2011 CPE INEN 019 Código Eléctrico Ecuatoriano IEC 60617 Graphical Symbols for Diagrams NTE INEN 2345 Alambres y cables con aislamiento termoplástico. Requisitos. 5 NTE INEN 3098, Voltajes Normalizados” (NEC, 2018)

2.1.3 Estudio de demanda y factor de demanda

Cálculos de diseño que se deben considerar al momento de dimensionar los elementos eléctricos.

Iluminación	Tomacorrientes	Cargas especiales
<p>“Se debe considerar por cada salida de iluminación una carga máxima de 100 Vatios (W)” (NEC, 2018).</p>	<p>“Se debe considerar por cada salida de tomacorriente una carga de 200 W” (NEC, 2018).</p>	<p>“Se consideran aquellas salidas para equipos cuya potencia sobrepasa los 1.500 W, como por ejemplo cocina eléctrica, vehículos eléctricos, calefacción, aire acondicionado, ducha eléctrica, equipos hidroneumáticos, ascensores, equipo médico, calentador eléctrico de agua, entre otros; debiendo considerarse para el diseño la potencia de placa de cada uno de los equipos y la cantidad de equipos a ser utilizados” (NEC, 2018).</p>

Tabla 2. Cálculo de diseño para elementos eléctricos.

2.1.4 Factores de demanda en iluminación y tomacorrientes

En la tabla 3, se indica el factor de demanda que se debe considerar al momento de dimensionar luminarias y tomacorrientes, según el tamaño de la vivienda.

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

Tabla 3. Factor de demanda para iluminación y tomacorrientes. (NEC, 2018)

2.1.5 Circuitos

En la tabla 4 se detalla los diferentes circuitos existentes en una instalación residencial.

Circuitos	Circuitos de iluminación	Circuitos de fuerza(tomacorriente)
“La vivienda debe disponer de circuitos independientes de iluminación, tomacorrientes y cargas especiales con las siguientes características: a) Los conductores de alimentadores y circuitos deben dimensionarse para soportar una corriente no menor a 125 % de la corriente de carga máxima a servir. b) Cada circuito debe disponer de su propio neutro o conductor conectado a tierra. c) Cada circuito debe disponer de su propia	“Los circuitos de iluminación deben ser diseñados para alimentar una carga máxima de 15 amperios y no exceder de 15 puntos de iluminación” (NEC, 2018).	“Los circuitos de tomacorrientes deben ser diseñados considerando salidas polarizadas (fase, neutro y tierra) para soportar una capacidad máxima de 20 amperios de carga por circuito y no exceder

protección. d) Ningún circuito debe compartir servicios entre plantas o niveles diferentes de la vivienda” (NEC, 2018)		de 10 salidas” (NEC, 2018).
--	--	-----------------------------

Tabla 4. Condiciones de los diferentes circuitos existentes (NEC, 2018)

2.1.6 Calibre de conductores.

En la tabla 5 se detalla el número de calibre y la capacidad de cada uno de ellos de acuerdo a sus circuitos, también se debe considerar que el “calibre del conductor debe soportar por lo menos el 125 % del valor de la corriente de la protección del circuito” (NEC, 2018)

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

Circuitos de iluminación	Circuitos de tomacorrientes	Circuitos de cargas especiales	Circuitos a tableros de distribución
“a) El calibre del conductor del neutro debe ser igual al conductor de las fases. b) En circuitos de iluminación se utiliza conductor de cobre aislado tipo THHN con una sección mínima de	“a) El calibre del conductor del neutro debe ser igual al conductor de las fases. b) En circuitos de tomacorrientes, se utiliza conductor de cobre aislado tipo THHN con una sección mínima de 4	“a) El calibre del conductor de tierra se determina conforme a la capacidad. b) En circuitos de cargas especiales se utiliza conductor de cobre aislado tipo THHN con una sección mínima de 5,26 mm ²	“El calibre mínimo recomendado para un alimentador, desde el medidor hasta el tablero de distribución único, debe ser el No. 6 AWG de cobre aislado tipo THHN. En caso de disponer

2,5 mm ² (14 AWG) para la fase, el neutro y conductor de tierra” (NEC, 2018)	mm ² (12 AWG) para la fase y el neutro” (NEC, 2018).	(10 AWG) para las fases” (NEC, 2018)	más de un tablero de distribución el calibre de los subalimentadores deberá estar en función de la demanda en cada subtablero” (NEC, 2018)
---	---	--------------------------------------	--

Tabla 5. Calibre de conductores. (NEC, 2018)

2.1.7 Tableros de distribución tipo centro de carga

“La instalación de los tableros de distribución debe ajustarse a los siguientes criterios: 10

a) Debe ser ubicado en un lugar permanentemente seco, que represente el punto más cercano a todas las cargas parciales de la instalación y en paredes de fácil acceso a personas que realicen labores de reconexión o mantenimiento. b) En el lado interior de la tapa o puerta de los tableros debe colocarse obligatoriamente el diagrama unifilar con el listado de los circuitos a los que protege cada uno de los interruptores. c) Las cargas asignadas a las fases deben balancearse en todo cuanto sea posible. d) Por cada cinco salidas que se alimenten del tablero de distribución se debe dejar por lo menos una salida de reserva. e) Todo circuito debe tener necesariamente su respectivo dispositivo de protección de sobre corriente. f) La altura de instalación debe ser a 1,60 metros desde el nivel del piso a la base del tablero. g) El tablero de distribución debe tener barra de neutro (aislada) y barra de tierra” (NEC, 2018).

2.1.8 Protecciones contra sobre corrientes.

“Los dispositivos de protección contra sobre corrientes (sobrecargas y cortocircuitos) deben ser interruptores termomagnéticos automáticos fabricados bajo la Norma IEC 60898-1, que cumplan con el Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 091 y con las siguientes condiciones generales de instalación: a) Su dimensionamiento está relacionado con la capacidad de los circuitos a proteger y al funcionamiento de las curvas de disparo intensidad-tiempo. b) Se deben alojar en tableros de distribución tipo centro carga. c) Deben soportar la influencia de los agentes externos a los que estén sometidos con al menos un grado de protección de IP 20. d) La protección del circuito especial de la cocina eléctrica de 220/240 V debe realizarse mediante un interruptor termomagnético bipolar mínimo de 40 amperios, instalado en el interior del tablero de distribución” (NEC, 2018).

2.1.9 Aspectos generales para la instalación

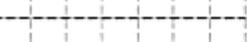
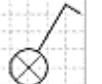
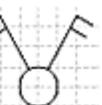
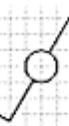
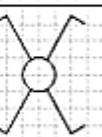
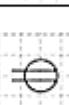
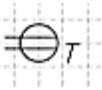
Interruptores	Tomacorrientes	Tuberías	Cajetines
“Para interruptores, conmutadores y pulsadores; la altura de instalación sobre el nivel de piso debe ser de 1,2 metros del lado de la apertura de la puerta y estos operativamente deben desconectar el	“Los tomacorrientes, de uso general, deben colocarse a 0,40 m del piso terminado, salvo casos especiales como en baños y/o cocinas que pueden ser colocados sobre mesones a 0,10 m. Los tomacorrientes,	“Tubería PVC Tipo I Liviano. b) Tubería de polietileno flexible de alta resistencia mecánica (tubería negra). c) Tubería metálica tipo EMT, rígida o flexible de acero galvanizado” (NEC, 2018).	“Plásticos y/o metálicos” (NEC, 2018).

conductor de fase” (NEC, 2018).	de uso general, deben ser polarizados para la instalación del cable de protección a tierra” (NEC, 2018).		
--	--	--	--

Tabla 6. Consideraciones al momento de la instalación (NEC, 2018)

2.1.10 Simbología para el diseño de instalaciones eléctricas.

En la tabla 7. Se muestra la simbología utilizada en los diseños eléctricos, de acuerdo a la normativa IEC 60617, esto con el fin de tener un mismo lenguaje de lectura de planos al momento ejecutar cualquier proyecto de este tipo.

Símbolo	Denominación	Símbolo	Denominación
	Circuito de Iluminación (grosor de la línea 0.5)		Circuito de Tomacorrientes (0.5)
	Circuito de Tomas Especiales (0.7)		Circuito de Puesta a tierra
	Punto de luz		Interruptor simple, símbolo general
	Interruptor simple con luz piloto		Interruptor doble
	Interruptor triple		Conmutador simple
	Conmutador doble		Interruptor simple de 2 vías
	Conmutador intermedio		Tomacorriente doble monofásico
	Tomacorriente doble monofásico con puesta a tierra		Tomacorriente doble monofásico de piso

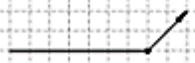
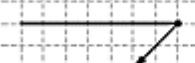
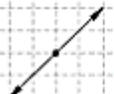
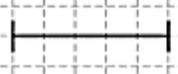
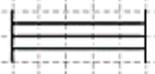
Símbolo	Denominación	Símbolo	Denominación
	Tomacorriente trifásico		Tomacorriente trifásico de piso
	Tomacorriente (telecomunicaciones), TP = teléfono FX = telefax M = micrófono FM = modulación de frecuencia TV = televisión TX = telex AP = altoparlante		Medidor de Factor de Potencia
	Reloj		Amperímetro
	Vatímetro		Voltímetro
	Tablero de distribución principal		Tablero de distribución secundario
	Alimentaciones conductoras hacia arriba		Alimentaciones conductoras hacia abajo
	Alimentaciones conductoras hacia arriba y hacia abajo		Símbolo de empalme
	Luminaria fluorescente simple		Luminaria fluorescente triple

Tabla 7. Simbología eléctrica para diseños (NEC, 2018).

2.2 Cables de bajo voltaje

Para proyectos eléctricos residenciales se utiliza cables de bajo voltaje, en el mercado existen diferentes tipos de cables tanto en aluminio como en cobre, ya sea desnudos o aislados. En la tabla 8 y 9. Se describe el tipo de aislamiento usado en cables eléctricos.

Aplicando la normativa vigente el cable que se utiliza para proyectos residenciales es el cable tipo THHN.

SIGLAS	DESCRIPCIÓN
TH	Aislación vinilo/termoplástico (PVC), aprobado climáticamente, resistencia de temperatura 60°C.
THW	Aislación vinilo/termoplástico (PVC), aprobado climáticamente, resistencia de temperatura 75°C.
THHN	Aislación vinilo/termoplástico (PVC) 90°C, 600 voltios, cable con chaqueta de nylon utilizado en áreas secas y húmedas.
XHHW	Cable de aislado de polietileno, resistente al calor y la humedad, 90°C en áreas secas. 75°C en áreas húmedas.
UF	Aislación vinilo/termoplástico (PVC), utilizado bajo tierra y como rama de cables de circuito.
SPT	Servicio paralelo.

Tabla 8, características de aislamientos en cables eléctricos (CENTELSA, 2023).

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

Tabla 9, características del cable THHN (Conelsa, 2024)

2.2.1 Código de colores en cables eléctricos.

Según la normativa NEC se debe utilizar el siguiente código de colores en los conductores eléctricos.

“Para Neutro: color blanco” (NEC, 2018).

“Para Tierra: verde, verde con franja amarilla” (NEC, 2018).

“Para Fase: Rojo, azul negro, amarillo o cualquier otro color diferente al neutro y tierra”

(NEC, 2018).

2.3 Interruptores

Son elementos eléctricos que permiten abrir o cerrar circuitos de manera manual, en la actualidad y con el avance tecnológico existen interruptores inteligentes que permiten el cierre o apertura de los circuitos de manera remota.

Los interruptores los encontramos en todas las instalaciones eléctricas residenciales e industriales, haciendo que exista un óptimo control de la energía eléctrica.

2.3.1 Clases de interruptores de luz

Tipo de interruptor	Característica
	<p>Interruptor de luz simple, controla el encendido o apagado de un solo circuito eléctrico de luminaria.</p>
	<p>Interruptor de luz doble, controla el encendido o apagado de dos circuitos independientes a la vez de luminarias.</p>
	<p>Enchufe con interruptor, en este dispositivo encontramos la unión de un enchufe y un interruptor de luz, las conexiones son separadas y solo se comparte la línea de fas.</p>

Tabla 10, clases de interruptores (FERRETERIA, 2023)

2.4 Tomacorrientes

Son dispositivos eléctricos que tiene la finalidad de entregar energía eléctrica a distintos aparatos o equipos al momento de conectarse a ellos, estos se encuentran instalados en la pared, piso o para exteriores, su conexión debe incluir las líneas de fase, neutro y tierra.

A continuación, en el gráfico 1, se detalla los tipos de tomacorrientes existentes para instalaciones eléctricas.

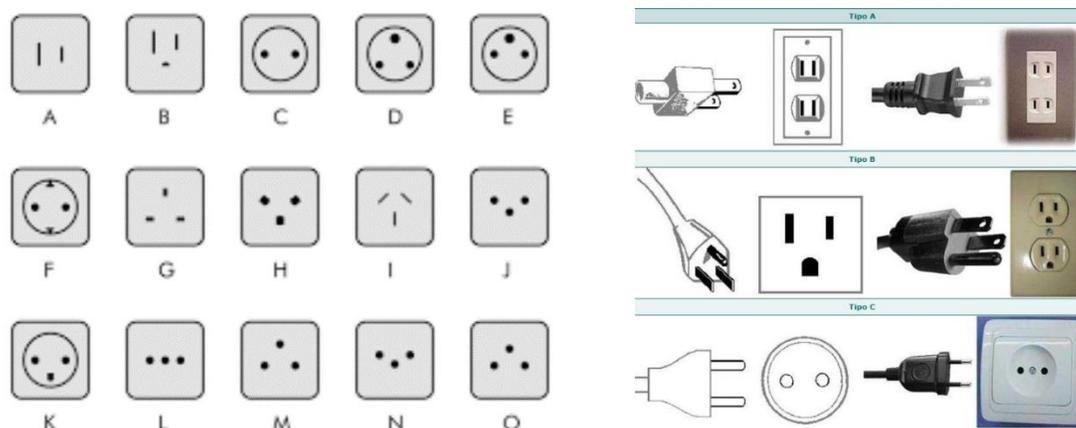
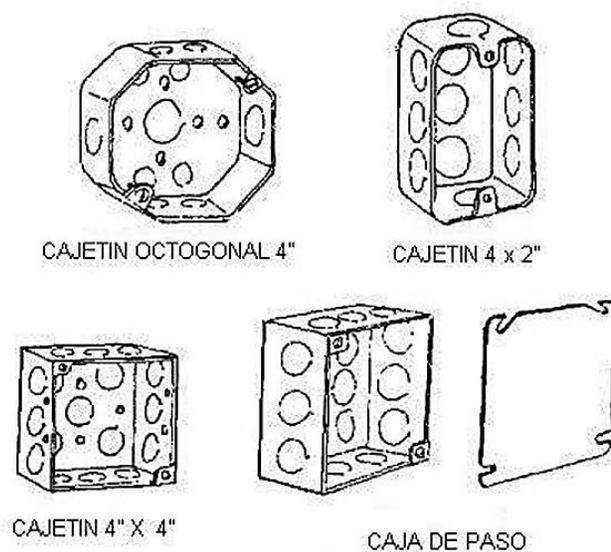


Gráfico1. Tipos de conectores de tomacorrientes. (Conductores, 2022)

2.5 Tubería y cajetines

2.5.1 Cajas de empalme y/o derivación

Las cajas de derivación y/o empalmes, son útiles y necesarias para realizar los diferentes empalmes entre circuitos, logrando de esta manera ocultar dichas conexiones, por lo general estas cajas de empalme son de acero galvanizado. A continuación, en el gráfico 2, se puede visualizar los tipos de cajetines.



CAJETINES

Gráfico 2, tipos de cajetines (Javier, 2013)

2.5.2 Tubería

Las tuberías son elementos indispensables en una instalación eléctrica, ya que por este medio ingresa los conductores eléctricos y estos son protegidos de situaciones medioambientales o eventos fortuitos, pueden ser metálicas, es decir de acero galvanizado o también existen de material plástico PVC, dependiendo de las circunstancias pueden ser instaladas tanto para interiores como para exteriores.

La tubería EMT (Electrical Metallic Tubing) de Conduit es una solución fácil de usar, doblar y cortar, utilizado en lugares húmedos y secos. A continuación, en el gráfico 3, se observa las medidas estándares del mercado de las tuberías Conduit.



Producto	Medida
EMT	1/2"
EMT	3/4"
EMT	1"
EMT	1-1/4"
EMT	1-1/2"
EMT	2"
EMT	2-1/2"
EMT	3"
EMT	4"

Gráfico 3. Tubería Conduit y sus dimensiones (Vinueza, 2023)

2.6 Protecciones termomagnéticas

El interruptor termomagnético, es el elemento más importante en una instalación eléctrica, debido a que este dispositivo detiene el paso de la corriente eléctrica del sistema o circuito cuando los niveles de corriente sobrepasen los valores nominales, evitando así cualquier calentamiento del cableado eléctrico, cortocircuitos, inclusive evitando incendios causados por estas situaciones. (Cáneppa, 2021).

2.6.1 Funcionamiento del interruptor termomagnético

El funcionamiento del interruptor termomagnético, se basa en el efecto térmico y magnético, en los cuales se describen a continuación en el gráfico 6.

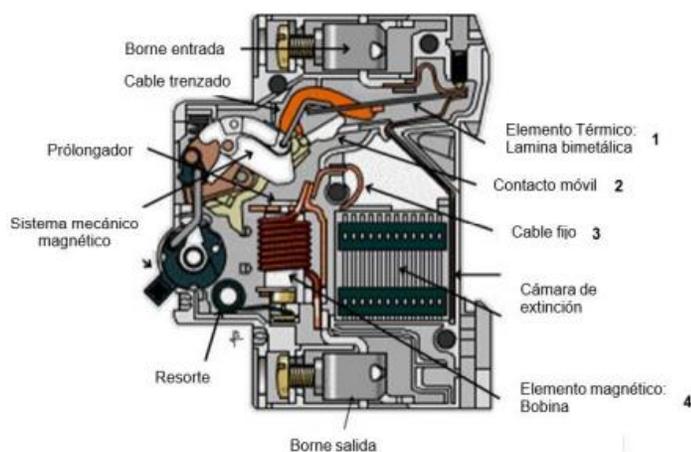


Gráfico 6. Elementos de una protección termomagnética (Antonio, 2023)

“La parte térmica se activa cuando el circuito está sobrecargado, o cuando la corriente que fluye a través del cable es mayor a la nominal. Está formada por dos láminas metálicas; el bimetálico (1) y un contacto móvil (2) que se dilatan o contraen cuando circula una corriente superior a la nominal (IN). Este par de elementos bimetálicos inicia a deformarse hasta que el contacto se abre para detener el flujo de corriente; una vez que el par alcanza la temperatura ambiente, el interruptor se puede volver a cerrar para permitir que la corriente fluya. El tiempo que tarda en abrirse el interruptor depende de lo sobrecargado que se encuentre el circuito, a mayor carga, menor será el tiempo que tardará en abrirse el interruptor” (Javier, 2013).

“La parte magnética actúa cuando se produce un cortocircuito en la instalación. Está conformado por un elemento magnético o bobina (4), que cuenta con un contacto fijo (3) que, al ocurrir un cortocircuito, (circulación de una cantidad significativa de corriente varias veces por encima de la IN) esto produce un campo magnético que hace que la bobina se dilate hacia abajo, esto provoca que el contacto que mantiene cerrado, el interruptor se abre y corta la circulación de la corriente” (Javier, 2013).

El interruptor termo magnético al tener los dos efectos antes mencionados, genera una curva de disparo en el cual se observa la zona de disparo seguro y la zona de trabajo seguro, en la zona de disparo seguro, es cuando el interruptor termomagnético está en modo abierto esto con el fin de resguardar los equipos y cableado eléctrico.

En cambio, en la zona de trabajo seguro, el interruptor termomagnético se encuentra en estado operativo por debajo de la zona térmica.

En el grafico 7. Se observa la curvatura de estas zonas antes mencionadas.

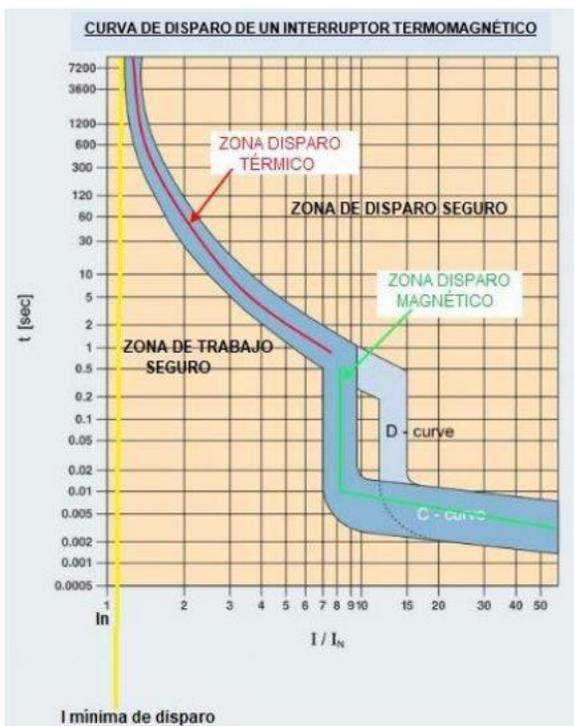


Gráfico 7. Curva de disparo de un interruptor termomagnético (Javier, 2013)

2.6.2 Clasificación de interruptores termomagnéticos

De acuerdo a la curva de disparo de un interruptor termomagnético, y la respuesta de este a la cantidad de corriente que circula, se ha establecido la clasificación determinando zonas en cada una de ellas, así como sus diferentes aplicaciones en situaciones de trabajo correspondientes. En el gráfico 8, se detalla lo antes mencionado.

Tipo de curva	Zona térmica	Zona magnética	Aplicación
Curva B	Actúa entre 1,1 y 1,4 veces la intensidad nominal (In)	Actúa entre 3 y 5 veces la intensidad nominal (In)	<ul style="list-style-type: none"> • Protección de conductores. • Instalaciones de edificios de viviendas con limitaciones.
Curva C	Actúa entre 1,13 y 1,44 veces la intensidad nominal	Actúa entre 5 y 10 veces la intensidad nominal (In)	<ul style="list-style-type: none"> • Protección de conductores. • Uso domiciliario sin limitaciones. • Instalaciones con elevadas intensidades de conexión o arranque.
Curva D	Actúa entre 1,1 y 1,4 veces la intensidad nominal	Actúa entre 10 y 14 veces la intensidad nominal	<ul style="list-style-type: none"> • Protección de conductores. • Manejo industrial con picos de corriente de inserción y arranque elevados
Curva Z	Actúa entre 1,1 y 1,4 veces la intensidad nominal	Actúa entre 2,4 y 3,6 veces la intensidad nominal	<ul style="list-style-type: none"> • Protege instalaciones con receptores electrónicos
Curva MA	Carecen de protección térmica.	Actúa con corrientes 12 veces mayores a la nominal	<ul style="list-style-type: none"> • Protección de motores.

Gráfico 8. Clasificación de protecciones termomagnéticas (Javier, 2013)

2.7 Luminarias

Según la normativa “NORMA TECNICA ECUATORIANA NTE INEN 2969-1 ILUMINACION DE LOS LUGARES DE TRABAJO PARTE 1 LUGARES DE TRABAJO EN INTERIORES” es muy importante la iluminación en lugares de trabajo en interiores, ya relaciona la eficiencia con la iluminación del lugar. Para analizar los diferentes tipos de luminarias y sus características, así como su eficiencia energética, se ha detallado en el gráfico 9, aquí se puede demostrar que la luz LED es el más eficiente en cuanto a transferencia de energía, siendo que la energía que recibe el dispositivo lo convierte en luz dando como eficiencia de un 90%.

Incandescentes	La luz incandescente se produce cuando una corriente eléctrica fluye a través de un filamento de metal.	Son los de mayor, menor y menor consumo eléctrico (1000 horas).	Consumen sólo el 5% de la electricidad utilizada. Para la iluminación, el 95% restante se convierte en calor sin usar luz.
Halógenas	Se agrega un compuesto gaseoso con halógeno al sistema de filamentos, lo que inicia un ciclo de regeneración en el que los elementos del filamento se convierten en gas y se devuelven al sistema de filamentos.	Estas lámparas duran más que las lámparas incandescentes (1500 horas) y siguen siendo eficientes.	Se caracterizan por una calidad de luz excepcional para iluminar lugares donde se requiere una luz intensa
Fluorescentes	Consiste en un tubo de vidrio que contiene pequeñas cantidades de mercurio y argón. Cuando la corriente pasa a través de dos electrodos colocados a cada lado del tubo, se produce una descarga eléctrica entre ellos, y cuando pasa vapor de mercurio, se genera radiación ultravioleta.	Mayor eficiencia luminosa que las incandescentes porque emite menos calor y utiliza más electricidad para producir luz.	Son más caras que las bombillas regulares.
Bajo consumo	Son lámparas fluorescentes compactas adaptadas al tamaño, forma y soportes de montaje de las lámparas incandescentes convencionales.	Más caros de lo habitual, pero se pagan solos porque tiene una mayor vida útil (6000 a 9000 horas).	
LED	LED es un dispositivo semiconductor (diodo) que emite luz cuando está polarizado directamente y la corriente fluye a través de él.	Son más eficientes energéticamente que las lámparas incandescentes, con una eficiencia de hasta el 90%.	Se puede hacer el equivalente a una bombilla con docenas de LED, que ahora se usan ampliamente en los semáforos.

Gráfico 9. Diferentes tipos de luminarias (Paul, 2022)

2.8 Conceptos básicos de iluminación

2.8.1 Intensidad luminosa (candela cd)

“Intensidad de flujo radiante que se propaga a través de un ángulo sólido” (Gómez, 2020).

2.8.2 Flujo luminoso (lúmenes lm)

“Cantidad de luz procedente de una fuente” (Gómez, 2020).

2.8.3 Iluminancia (lm/m² o lux lx)

“Cantidad de luz que influye sobre una superficie” (Gómez, 2020).

2.8.4 Luminancia (cd/m²)

“Cantidad de luz reflejada por una superficie” (Gómez, 2020).

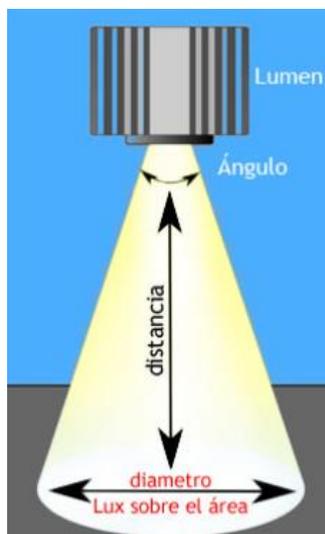


Gráfico 10. Lumen vs lux (Gómez, 2020)

2.8.5 Iluminancia, valores de referencia

Soleado, verano	70000-100000 lux
Nublado, verano	20000 lux
Nublado, invierno	3000 lux
Necesario para leer	100 lux
Trabajo de oficina	300-800 lux

3 CAPÍTULO III

Implementación del proyecto

3.1 Repotenciación del circuito de iluminación y fuerza de la escuela de educación básica “galo plaza Lasso”

La escuela de educación básica Galo Plaza Lasso se encuentra ubicado en la provincia de Cotopaxi, en el cantón Latacunga de la parroquia Juan Montalvo. Es un centro educativo de Ecuador perteneciente a la Zona 3 geográficamente es un centro educativo rural, su modalidad es Presencial en jornada Matutina, con tipo de educación regular y con nivel educativo: Inicial y EGB. Tienen un total aproximado de 4 docentes y 70 estudiantes (Ecuador, 2023).

La escuela cuenta con un total de 8 aulas, una dirección, 9 baños y un espacio para lavamanos.

En la actualidad la escuela, se encuentra en un estado de deterioro tanto en el área arquitectónico como en el área eléctrica, se ha realizado una inspección general y detallada, encontrando muchas deficiencias en los elementos eléctricos, y en muchos casos no existía circuito de iluminación ni de fuerza.

Para la implementación de la repotenciación de los circuitos de fuerza y de iluminación, se ha tomado en cuenta la normativa NEC ecuatoriana de la construcción 2018, y para el sistema de iluminación se ha utilizado la normativa NTE INEN 2969-1 ILUMINACION DE LOS LUGARES DE TRABAJO.

3.2 Diseño de iluminación

La escuela de educación Básica Galo Plaza Lasso no contaba con un plano arquitectónico de las instalaciones, y por consecuencia no existía planos eléctricos del lugar, en base a esta información se procedió a recopilando datos y distancias reales de cada una de las áreas que conforman la escuela, llevando a un primer plano a escala 1:100 las mediciones tomadas, esta información se detalla en el ANEXO 1, En este plano se encuentra toda la información de los puntos eléctricos iniciales, centros de carga, cableado interior y exterior, acometida desde el medidor hacia los centros de carga, etc.

Una vez que se tiene la información real de las instalaciones eléctricas de la escuela, se procede a utilizar los programas especializados en el área eléctrica para la iluminación, tomado en cuenta normativas vigentes en el país, así como, dimensiones de cada una de las áreas con la iluminación adecuada, en el ANEXO 2. Se encuentra el diseño en Dialux, en cada área de estudio, tomando en cuenta pasillos, baños, dirección, etc. y lugares donde la iluminación y la cantidad de luxes varían por su utilidad. El diseño con este programa garantiza la correcta y adecuada iluminación, dando cumplimiento con normativas vigentes y mejorando la calidad de vida de las personas que utilizan estas instalaciones.

Para el correcto desarrollo de la implementación de luminarias en cada área de la escuela se tomó como referencia la normativa de la NTE INEN 2969-1 ILUMINACION DE LOS LUGARES DE TRABAJO según la tabla 3.1 a continuación.

TIPO DE INTERIOR, TAREA, ACTIVIDAD	NIVEL DE ILUMINANCIA MANTENIDA $\overline{E_M}$
Zonas de tráfico dentro de edificio	
Áreas de circulación (pasillos, corredores, etc.)	100 luxes
Escaleras, escaleras automáticas, cintas transportadoras, ascensores, montacargas.	100 luxes
Áreas generales dentro de edificios	
Vestuarios, salas de lavado, cuartos de baño, servicios	200 luxes
Almacenes y cuarto de almacén	100 luxes
Oficinas	
Salas de conferencias y reuniones	500 luxes
Mostrador de recepción y áreas de venta	300 luxes
Lugares de pública concurrencia	
Salas de ensayos	300 luxes
Área de lectura (Bibliotecas)	500 luxes
Áreas de aparcamiento	75 luxes
Establecimientos educativos	
Aulas, aulas de tutoría	300 luxes
Auditórium, sala de lectura	500 luxes
Escaleras	150 luxes
Salas de deportes, gimnasios, piscinas	300 luxes

Tabla 3.1 Niveles de iluminación recomendables (Lojan, 2022).

En la figura 3.1. Se muestra el diseño planteado para una adecuada iluminación de la escuela.

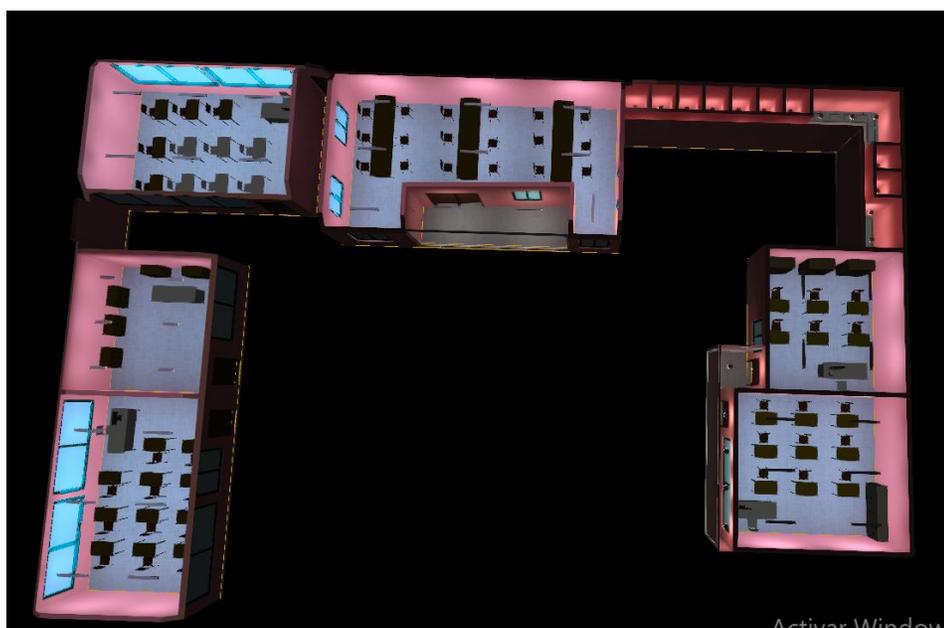
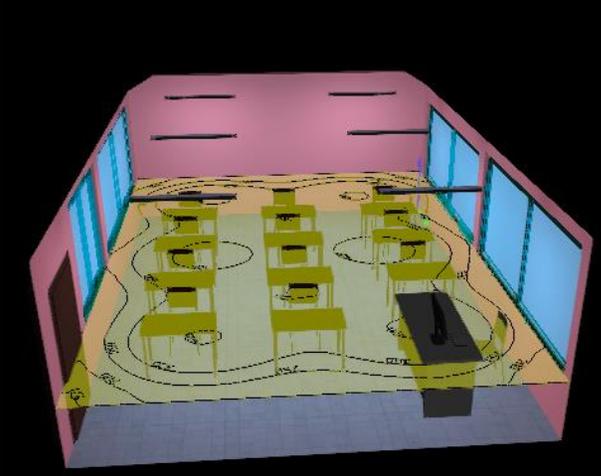
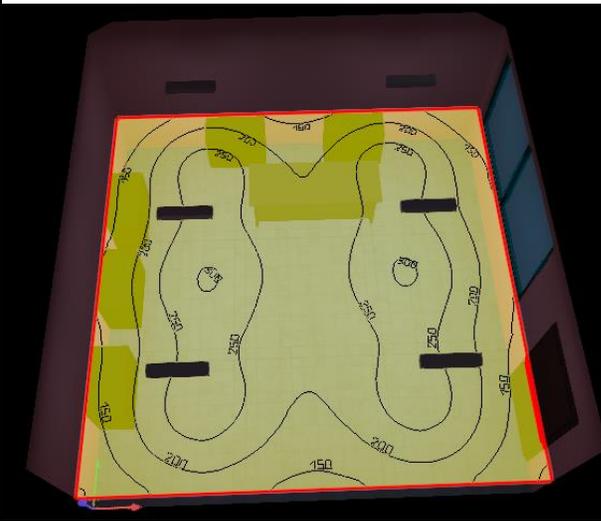


Figura 3.1. Iluminación de la escuela.

A continuación, en la tabla 3.1, se detalla la cantidad de luxes en cada área de la escuela, y mediante el programa se puede verificar que el número de luminarias es correcto para su adecuada utilidad.

Área de la Escuela	Cantidad adecuada de luminarias																		
 <p data-bbox="418 968 604 999">Figura 3.2 Aula 1</p>	<div data-bbox="857 495 1427 932"> <p>▼ Cálculo de iluminación</p> <p>Plano útil (Local 1)</p> <p>312 lx 0.45</p> <p>Plano útil (Iluminancia perpendicular)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Real</th> <th>Nominal</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Media</td> <td>312 lx</td> <td>≥ 200 lx</td> </tr> <tr> <td>Min</td> <td>140 lx</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Max</td> <td>444 lx</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Mín./medio</td> <td>0.45</td> <td>≥ 0.40</td> </tr> <tr> <td>Mín./máx.</td> <td>0.32</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table> <p>Parámetros</p> <p>Altura 0.800 m</p> </div> <p data-bbox="1036 938 1221 970">Figura 3.3 Aula 1</p>		Real	Nominal	Media	312 lx	≥ 200 lx	Min	140 lx	-	Max	444 lx	-	Mín./medio	0.45	≥ 0.40	Mín./máx.	0.32	-
	Real	Nominal																	
Media	312 lx	≥ 200 lx																	
Min	140 lx	-																	
Max	444 lx	-																	
Mín./medio	0.45	≥ 0.40																	
Mín./máx.	0.32	-																	
 <p data-bbox="402 1551 620 1583">Figura 3.4 Dirección</p>	<div data-bbox="857 1035 1427 1472"> <p>▼ Cálculo de iluminación</p> <p>Plano útil (Local 2)</p> <p>215 lx 0.44</p> <p>Plano útil (Iluminancia perpendicular)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Real</th> <th>Nominal</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Media</td> <td>215 lx</td> <td>≥ 200 lx</td> </tr> <tr> <td>Min</td> <td>95.2 lx</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Max</td> <td>304 lx</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Mín./medio</td> <td>0.44</td> <td>≥ 0.40</td> </tr> <tr> <td>Mín./máx.</td> <td>0.31</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table> <p>Parámetros</p> <p>Altura 0.800 m</p> </div> <p data-bbox="1019 1478 1237 1509">Figura 3.5 Dirección</p>		Real	Nominal	Media	215 lx	≥ 200 lx	Min	95.2 lx	-	Max	304 lx	-	Mín./medio	0.44	≥ 0.40	Mín./máx.	0.31	-
	Real	Nominal																	
Media	215 lx	≥ 200 lx																	
Min	95.2 lx	-																	
Max	304 lx	-																	
Mín./medio	0.44	≥ 0.40																	
Mín./máx.	0.31	-																	

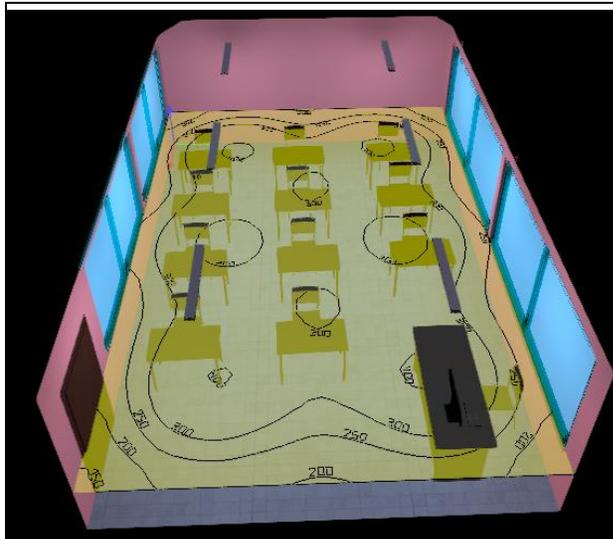


Figura 3.6 Aula 2



Figura 3.7 Aula 2

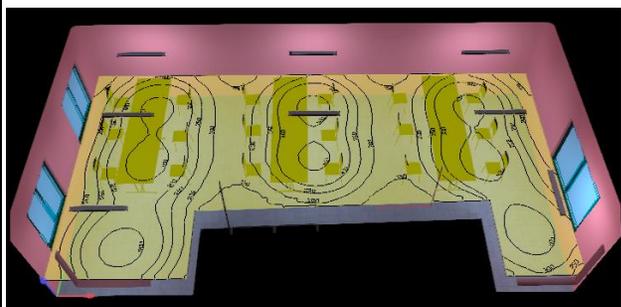


Figura 3.8 Aula 8

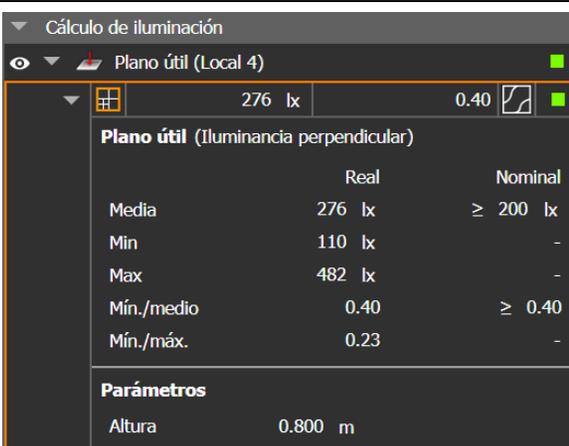


Figura 3.9 Aula 8



Figura 3.10 Pasillo Aula 8



Figura 3.11 Pasillo Aula 8

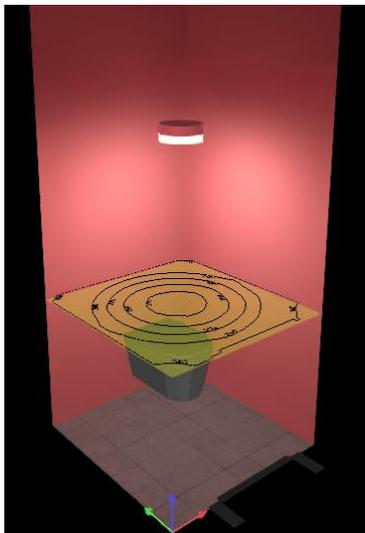


Figura 3.12 Baño 1



Figura 3.13 Baño 1

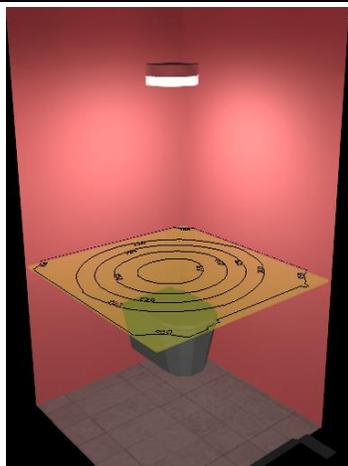


Figura 3.14 Baño 2

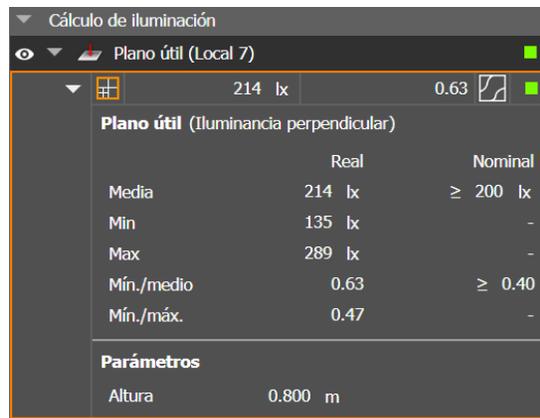


Figura 3.15 Baño 2

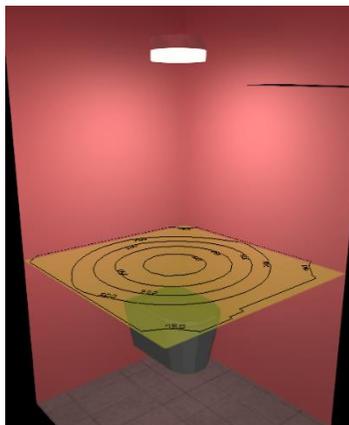


Figura 3.16 Baño 3



Figura 3.17 Baño 3

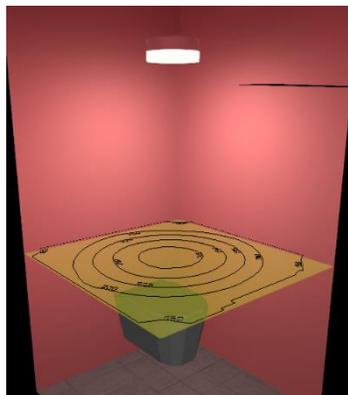


Figura 3.18 Baño 4

Cálculo de iluminación

Plano útil (Local 9)

214 lx 0.60

Plano útil (Iluminancia perpendicular)

	Real	Nominal
Media	214 lx	≥ 200 lx
Min	129 lx	-
Max	287 lx	-
Mín./medio	0.60	≥ 0.40
Mín./máx.	0.45	-

Parámetros

Altura 0.800 m

Figura 3.19 Baño 4

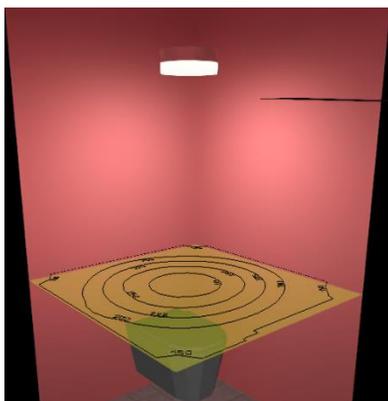


Figura 3.20 Baño 5

Cálculo de iluminación

Plano útil (Local 10)

213 lx 0.59

Plano útil (Iluminancia perpendicular)

	Real	Nominal
Media	213 lx	≥ 200 lx
Min	126 lx	-
Max	290 lx	-
Mín./medio	0.59	≥ 0.40
Mín./máx.	0.43	-

Parámetros

Altura 0.800 m

Figura 3.21 Baño 5

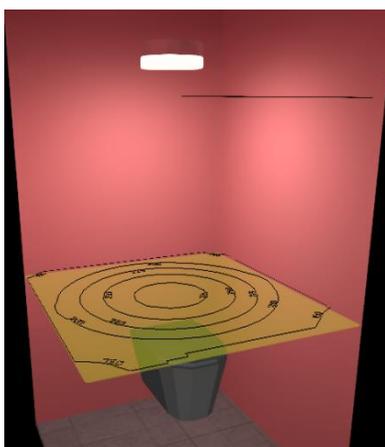


Figura 3.22 Baño 6

Cálculo de iluminación

Plano útil (Local 11)

214 lx 0.60

Plano útil (Iluminancia perpendicular)

	Real	Nominal
Media	214 lx	≥ 200 lx
Min	129 lx	-
Max	287 lx	-
Mín./medio	0.60	≥ 0.40
Mín./máx.	0.45	-

Parámetros

Altura 0.800 m

Figura 3.23 Baño 6

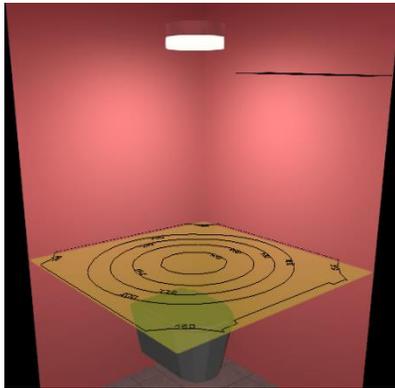


Figura 3.24 Baño 7

▼ Cálculo de iluminación

Plano útil (Local 12)

211 lx 0.63

Plano útil (Iluminancia perpendicular)

	Real	Nominal
Media	211 lx	≥ 200 lx
Min	133 lx	-
Max	285 lx	-
Mín./medio	0.63	≥ 0.40
Mín./máx.	0.47	-

Parámetros

Altura 0.800 m

Figura 3.25 Baño 7



Figura 3.26 Baño 8

▼ Cálculo de iluminación

Plano útil (Local 13)

214 lx 0.63

Plano útil (Iluminancia perpendicular)

	Real	Nominal
Media	214 lx	≥ 200 lx
Min	135 lx	-
Max	288 lx	-
Mín./medio	0.63	≥ 0.40
Mín./máx.	0.47	-

Parámetros

Altura 0.800 m

Figura 3.27 Baño 8

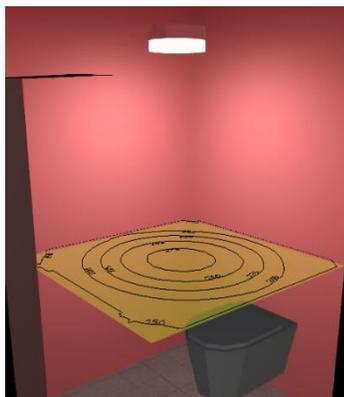


Figura 3.28 Baño 9

▼ Cálculo de iluminación

Plano útil (Local 14)

214 lx 0.62

Plano útil (Iluminancia perpendicular)

	Real	Nominal
Media	214 lx	≥ 200 lx
Min	133 lx	-
Max	288 lx	-
Mín./medio	0.62	≥ 0.40
Mín./máx.	0.46	-

Parámetros

Altura 0.800 m

Figura 3.29 Baño 9



Figura 3.30 Pasillo de baños

▼ Cálculo de iluminación

Plano útil (Local 15)

187 lx 0.49

Plano útil (Iluminancia perpendicular)

	Real	Nominal
Media	187 lx	≥ 100 lx
Min	92.3 lx	-
Max	294 lx	-
Mín./medio	0.49	≥ 0.40
Mín./máx.	0.31	-

Parámetros

Altura 0.800 m

Figura 3.31 Pasillo de baños

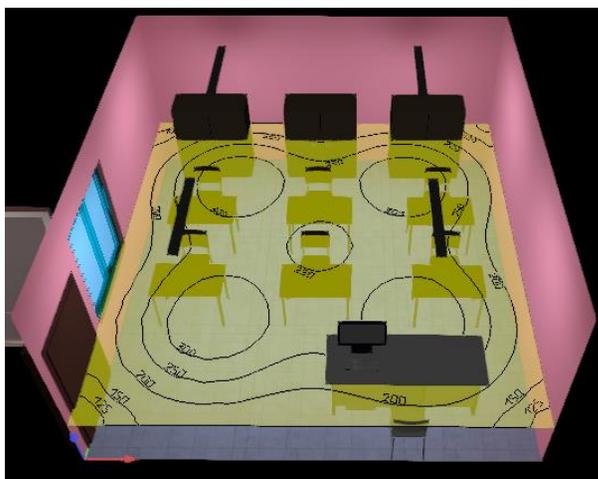


Figura 3.32 Aula 3

▼ Cálculo de iluminación

Plano útil (Local 16)

248 lx 0.43

Plano útil (Iluminancia perpendicular)

	Real	Nominal
Media	248 lx	≥ 200 lx
Min	106 lx	-
Max	347 lx	-
Mín./medio	0.43	≥ 0.40
Mín./máx.	0.31	-

Parámetros

Altura 0.800 m

Figura 3.33 Aula 3

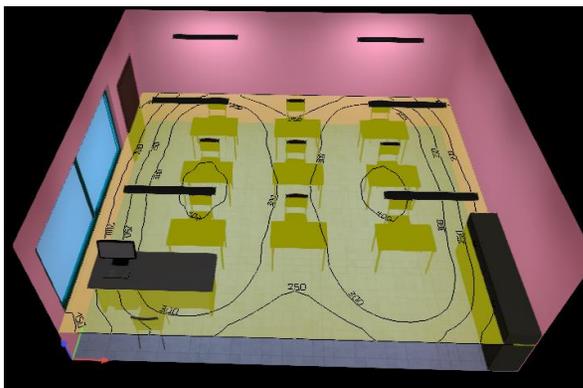


Figura 3.34 Aula 4

▼ Cálculo de iluminación

Plano útil (Local 17)

300 lx 0.43

Plano útil (Iluminancia perpendicular)

	Real	Nominal
Media	300 lx	≥ 200 lx
Min	129 lx	-
Max	428 lx	-
Mín./medio	0.43	≥ 0.40
Mín./máx.	0.30	-

Parámetros

Altura 0.800 m

Figura 3.35 Aula 4

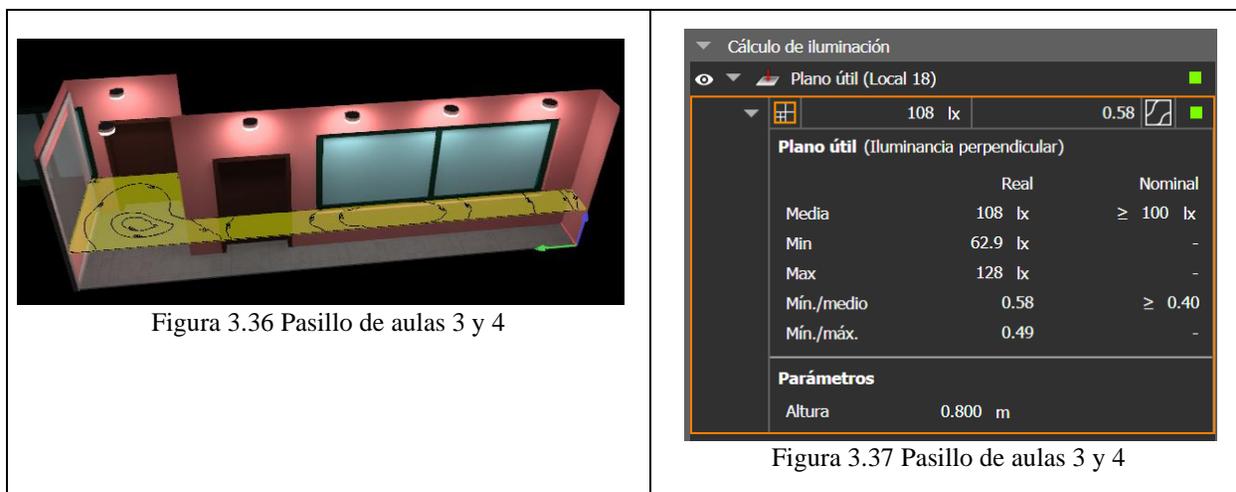


Tabla 3.1. Diseño de iluminación en cada una de las áreas de la escuela.

En la figura 3.38. Se muestra el tipo de luminarias con sus respectivas características técnicas que se implementará en las diferentes áreas de la escuela, con el objetivo de cumplir con la cantidad adecuada de lúmenes dispuestos en el diseño.

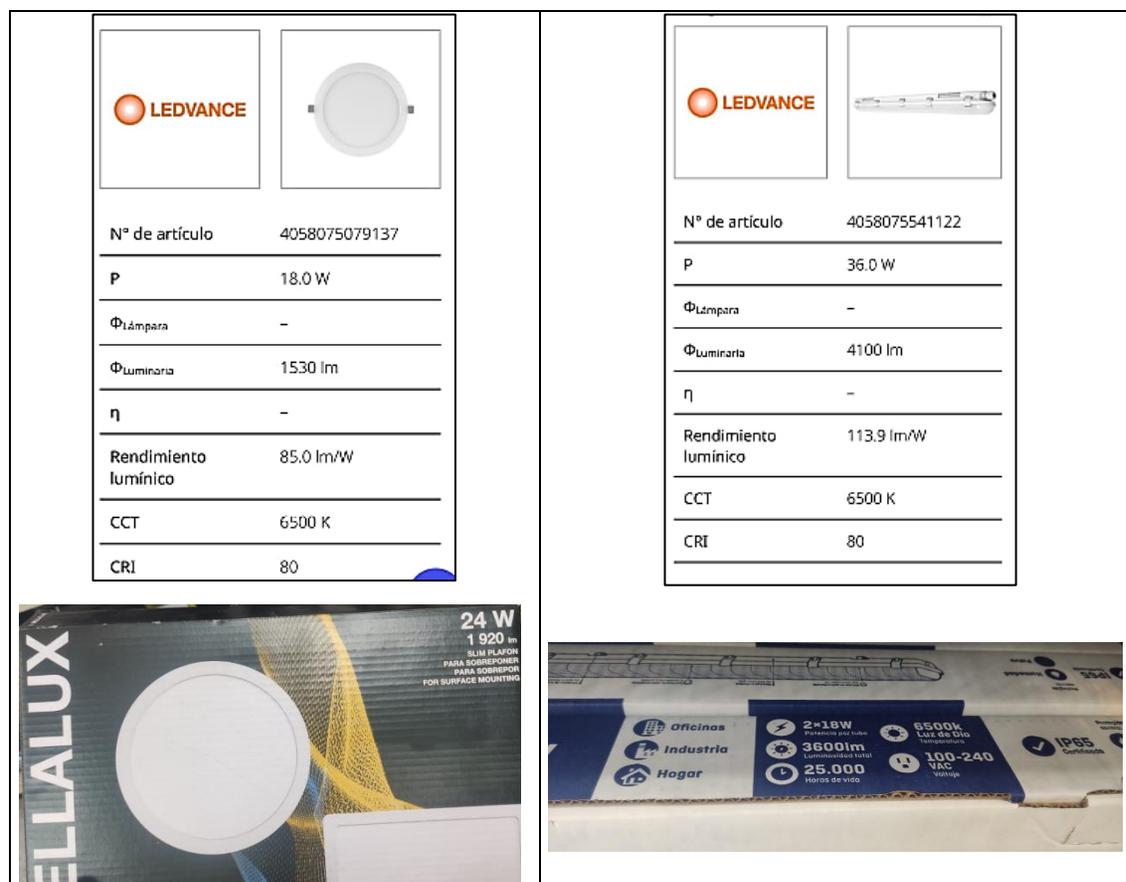


Figura 3.38. Luminarias instaladas en el proyecto.

3.3 Diseño de circuitos de iluminación y fuerza

3.3.1 Circuitos de fuerza

Para el diseño de circuitos de fuerza, se basó en el primer plano de levantamiento de información, tomando en cuenta las dimensiones de cada una de las áreas a implementar, en el ANEXO 1. (primer plano con levantamiento de información real) se puede observar aulas con un solo tomacorriente, y a su vez en estado de deterioro causados por cortocircuitos y/o tiempo de vida útil del elemento, así como de interruptores.

Tomando como referencia la necesidad de mejorar el sistema eléctrico de la escuela, se realizó el diseño del sistema de fuerza en el programa AutoCAD, como lo podemos observar en el ANEXO 2.

Una vez que tenemos el número de tomacorrientes en cada área, así como el número de luminarias en las mismas, se procede a calcular mediante fórmulas del calibre del conductor para los diferentes circuitos, las protecciones termomagnéticas de cada circuito el dimensionamiento del calibre de la acometida, la protección termomagnética para la caja de distribución principal, punto donde se concentrará todos los circuitos calculados y diseñados. En el ANEXO 3, se puede observar mediante una planilla en Excel todos los cálculos antes mencionados.

3.3.2 Ejemplo de cálculo de un circuito de fuerza para el dimensionamiento del calibre de conductores y protecciones termomagnéticas.

“Los circuitos de tomacorrientes deben ser diseñados considerando salidas polarizadas (fase, neutro y tierra), para soportar una capacidad máxima de 20 amperios de carga por circuito y no exceder de 10 salidas” (NEC, 2018)

Para el siguiente ejemplo se toma los datos de área del aula 1 y la dirección, teniendo en cuenta que en cada área existe tres tomacorrientes y la potencia unitaria es de 200W, según la normativa NEC no se debe exceder más de 10 salidas.

La potencia total se calcula multiplicando el número de tomacorrientes por la potencia de cada uno de ellos en vatios.

$$POTENCIA\ TOTAL = POTENCIA\ UNITARIA * \#\ TOMAS$$

$$POTENCIA\ TOTAL = 200\ W * 3 = 600W$$

ÁREA	# TOMAS	POTENCIA UNITARIA (W)	POTENCIA TOTAL(W)
AULA 1	3	200	600
DIRECCIÓN	3	200	600

Tabla 3.2 Ejemplo de cálculo de potencia total en cada área.

Para encontrar la corriente nominal del circuito se procede a dividir la potencia total para el voltaje nominal de la red.

$$CORRIENTE\ NOMINAL = \frac{POTENCIA\ TOTAL}{VOLTAJE\ NOMINAL}$$

$$CORRIENTE\ NOMINAL = \frac{600W}{(120 * 0,95)V} = 5.26A$$

VOLTAJE NOMINAL(V)	CORRIENTE NOMINAL(A)
120	5,26
120	5.26

Tabla 3.3 Normativa NEC

La normativa NEC nos indica que en cada circuito de tomacorrientes no se debe exceder los 20 amperios. En nuestro ejemplo tenemos 6 salidas y 10 amperios de corriente nominal.

CARGA TOTAL DEL CIRCUITO(W)	VOLTAJE DEL CIRCUITO(V)	CORRIENTE DEL CIRCUITO(A)	CORRIENTE CON EL 125%	CARGA DEL CONDUCTOR 75%
1200	120	10,52	13,16	65,79%

Tabla 3.4 tabla de cálculos

Se calcula la potencia total del circuito, con el voltaje que circula por el mismo, dando como resultado la corriente total que circula por el circuito, adicional según la normativa NEC “el calibre del conductor debe soportar por lo menos el 125% del valor de la corriente de la protección del circuito” (NEC, 2018).

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

Tabla 3.5 Calibre del conductor según la corriente.

CARGA TOTAL DEL CIRCUITO = POTENCIA TOTAL DE AULA1 + POTENCIA TOTAL DIRECCIÓN

$$CARGA TOTAL DEL CIRCUITO = 600W + 600W = 1200W$$

Para calcular la corriente total del circuito de debe dividir la carga total del circuito para el voltaje que circula por el mismo.

$$CORRIENTE DEL CIRCUITO = \frac{1200W}{(120 * 0,95)V} = 10,52A$$

A este valor de corriente se aumenta el 125% según la normativa NEC

$$CORRIENTE DEL CIRCUITO CON EL 125% = 10A * 1,25 = 13,16 A$$

$$CARGA DEL CONDUCTOR 75% = \frac{13,16 A}{20 A} = 65,79%$$

Con los datos calculados anteriormente y según la tabla que nos proporciona la normativa NEC, se puede deducir y comprobar que el calibre del conductor para este circuito de tomacorrientes es el #12 AWG y la protección termomagnética es de 20A.

3.3.3 Circuitos de iluminación

Para realizar los cálculos de los circuitos de iluminación se toma en cuenta el plano de diseño de luminarias descrito en el ANEXO 2.

“Los circuitos de iluminación deben ser diseñados para alimentar una carga máxima de 15 amperios y no exceder de 15 puntos de iluminación” (NEC, 2018).

En base a esta normativa se realiza un ejemplo de cálculo para los circuitos de iluminación de la escuela.

3.3.4 Ejemplo de cálculo de un circuito de iluminación para el dimensionamiento del calibre de conductores y protecciones termomagnéticas.

Para el siguiente ejemplo se toma los datos de área del Aula 1 y Aula 7, teniendo en cuenta que en cada área existe seis luminarias y la potencia unitaria es de 44W, según la normativa NEC no se debe exceder más de 15 puntos de iluminación

La potencia total se calcula multiplicando el número de luminarias por la potencia de cada uno de ellos en vatios.

$$POTENCIA\ TOTAL = POTENCIA\ UNITARIA * \# LUMINARIAS$$

$$POTENCIA\ TOTAL = 44\ W * 6 = 264W$$

ÁREA	# LUMINARIAS	POTENCIA UNITARIA (W)	POTENCIA TOTAL(W)
AULA 1	6	44	264
AULA 7	6	44	264

Tabla 3.6 Ejemplo de cálculo de potencia total en cada área.

Para encontrar la corriente nominal del circuito se procede a dividir la potencia total para el voltaje nominal de la red.

$$CORRIENTE\ NOMINAL = \frac{POTENCIA\ TOTAL}{VOLTAJE\ NOMINAL}$$

$$CORRIENTE\ NOMINAL = \frac{264W}{(120 * 0,95)V} = 2,3A$$

POTENCIA TOTAL(W)	VOLTAJE NOMINAL(V)	CORRIENTE NOMINAL(A)
264	120	2,3
264	120	2,3

Tabla 3.7 Ejemplo de cálculos

La normativa NEC nos indica que en cada circuito de iluminación no se debe exceder los 15 amperios ni los 15 puntos de iluminación. En nuestro ejemplo tenemos 12 puntos de iluminación y 4,6 amperios de corriente nominal.

CARGA TOTAL DEL CIRCUITO(W)	VOLTAJE DEL CIRCUITO(V)	CORRIENTE DEL CIRCUITO(A)	CORRIENTE CON EL 125%	CARGA DEL CONDUCTOR 75%
528	120	4,6	5,8	36,18%

Tabla 3.8 ejemplo de cálculo.

Se calcula la potencia total del circuito, con el voltaje que circula por el mismo, dando como resultado la corriente total, adicional según la normativa NEC “el calibre del conductor debe soportar por lo menos el 125% del valor de la corriente de la protección del circuito” (NEC, 2018).

(NEC, 2018)

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

Tabla 3.9 calibre del conductor según corriente.

CARGA TOTAL DEL CIRCUITO = POTENCIA TOTAL DE AULA1 + POTENCIA TOTAL DE AULA 7

$$CARGA TOTAL DEL CIRCUITO = 264W + 264W = 528W$$

Para calcular la corriente total del circuito de debe dividir la carga total del circuito para el voltaje que circula por el mismo.

$$CORRIENTE DEL CIRCUITO = \frac{528W}{(120 * 0,95)V} = 4,6A$$

A este valor de corriente se aumenta el 125% según la normativa NEC

$$CORRIENTE DEL CIRCUITO CON EL 125\% = 4,6A * 1,25 = 5,8 A$$

$$CARGA DEL CONDUCTOR 75\% = \frac{5,8 A}{16 A} = 36,18\%$$

Con los datos calculados anteriormente y según la tabla que nos proporciona la normativa NEC, se puede deducir y comprobar que el calibre del conductor para este circuito de iluminación es el #14 AWG y la protección termomagnética es de 16A.

Para la implementación del proyecto se llegó a calcular un total de 12 circuitos, 7 circuitos de iluminación y 5 circuitos de tomacorrientes.

En el ANEXO 3. Podemos encontrar de forma detallada mediante un cuadro en Excel, los cálculos de los diferentes circuitos, así como el dimensionamiento de cada uno de los calibres del conductor y sus respectivas protecciones termomagnéticas. En la tabla 3.10. Un resumen de los circuitos a implementar.

CIRCUITO	CARGA TOTAL (W)	CORRIENTE NOMINAL (A)	CORRIENTE CON EL 125%	VOLTAJE (V)	CONDUCTOR	PROTECCION (A) N° POLOS-AMP	CARGA DEL CONDUCTOR 75%
C1 LUMIN AULA 1 Y AULA 7	528	4,6	5,8	120	#14	16	36,18%
C2 LUMIN DIRECCION Y AULA 2	480	4,2	5,3	120	#14	16	32,89%
C3 LUMIN AULA GRANDE Y PASILLO 1	404	3,5	4,4	120	#14	16	27,69%
C4 LUMIN BAÑOS	117	1,0	1,3	120	#14	16	8,02%
C5 LUMIN PASILLO DE BAÑOS	143	1,3	1,6	120	#14	16	9,80%
C6 LUMIN PRIMER PISO AULAS 3 Y 4	518	4,5	5,7	120	#14	16	35,50%
C7 LUMIN SEGUNDO PISO AULAS 5 Y 6	391	3,4	4,3	120	#14	16	26,80%
C8 TOMAS AULA 1 Y DIRECCIÓN	1200	10,5	13,2	120	#12	20	65,79%
C9 TOMAS AULA 2 Y AULA GRANDE	1400	12,3	15,4	120	#12	20	76,75%
C10 TOMAS AULA 3 Y AULA 4	1200	10,5	13,2	120	#12	20	65,79%
C11 TOMAS AULA 5 Y AULA 6	1200	10,5	13,2	120	#12	20	65,79%
C12 TOMAS AULA 7	600	5,3	6,6	120	#12	20	32,89%

Tabla 3.10. Ejemplo de cálculos de los circuitos a implementar.

3.3.5 *Ejemplo de cálculo para el dimensionamiento del calibre de la acometida del medidor hacia el tablero principal y su respectiva protección termomagnética.*

“En alimentadores a tableros de distribución, el calibre mínimo recomendado para un alimentador, desde el medidor hacia el tablero de distribución único, debe ser el No. 6 AWG de cobre aislado tipo THHN” (NEC, 2018).

La escuela de educación básico no contaba con un tablero de distribución, donde se una todos los circuitos existentes, tomado en cuenta esta situación se ubicó el tablero de distribución en un espacio donde es accesible la maniobra de conexión y desconexión de cada uno de los circuitos, siendo de vital importancia la cercanía inmediata en el caso de ocurrir alguna situación de emergencia eléctrica. Se concentro en un solo tablero de distribución los 12 circuitos eléctricos. Se utilizó un tablero de distribución de 16 puntos SQD



Gráfico 3.38 Tablero de distribución de 16 puntos SQD

En el ANEXO 3. Se detalla mediante un cuadro en Excel los cálculos para llegar a los diferentes dimensionamientos requeridos.

INTERRUPTOR PRINCIPAL				
CIRCUITO	CARGA TOTAL (W)	FATOR DE DEMANDA	POTENCIA DE DEMANDA(W)	PROTECCIÓN PRINCIPAL (A)
C1 LUMIN AULA 1 Y AULA 7	528	0,7	369,6	40,4
C2 LUMIN DIRECCIÓN Y AULA 2	480	0,7	336	
C3 LUMIN AULA GRANDE Y PASILLO 1	404	0,7	282,8	
C4 LUMIN BAÑOS	117	0,7	81,9	
C5 LUMIN PASILLO DE BAÑOS	143	0,7	100,1	
C6 LUMIN PRIMER PISO AULAS 3 Y 4	518	0,7	362,6	
C7 LUMIN SEGUNDO PISO AULAS 5 Y 6	391	0,7	273,7	
C8 TOMAS AULA 1 Y DIRECCIÓN	1200	0,5	600	
C9 TOMAS AULA 2 Y AULA GRANDE	1400	0,5	700	
C10 TOMAS AULA 3 Y AULA 4	1200	0,5	600	
C11 TOMAS AULA 5 Y AULA 6	1200	0,5	600	
C12 TOMAS AULA 7	600	0,5	300	
8181		4606,7		

Tabla 3.11 cálculos para determinar el valor de la protección termomagnética.

“Los factores de demanda que se deben considerar para iluminación y tomacorriente de uso general se indican en la siguiente tabla” (NEC, 2018).

FD ILUMINACIÓN	FD TOMACORRIENTES
0,7	0,5

Tabla 3.12 factores de demanda según la NEC.

Para calcular la potencia de demanda se multiplica cada uno de las potencias de los circuitos por el factor de demanda que se muestra en la anterior tabla, siendo el FD de 0,7 para los circuitos de iluminación, y 0,5 para circuitos de fuerza.

Ejemplo:

$$\text{POTENCIA DE DEMANDA} = 528 \text{ W} * 0.7 = 369,6 \text{ W}$$

Enseguida se realiza la sumatoria de todos los valores de potencia de demanda considerando los FD de cada circuito.

$$\begin{aligned} \Sigma \text{ DE CARGAS} &= C1 + C2 + C3 + C4 + C5 + C6 + C7 + C8 + C9 + C10 + C11 + C12 \\ &= 4606,7 \text{ W} \end{aligned}$$

Para el cálculo de la protección principal, se calcula la corriente total que circula hacia el tablero principal.

CORRIENTE TOTAL HACIA EL TABLERO DE DISTRIBUCIÓN

$$= \frac{\text{POTENCIA DE DEMANDA TOTAL}}{(\text{VOLTAJE}) * (fp)}$$

$$\text{CORRIENTE TOTAL HACIA EL TABLERO DE DISTRIBUCIÓN} = \frac{4606,7 \text{ W}}{(120 \text{ V}) * (0,95)} = 40,4 \text{ A}$$

Tomado en cuenta el siguiente cuadro que nos proporciona la normativa NEC, para una corriente máxima del interruptor de 40 A, se necesita el calibre del conductor #8 para instalar la acometida principal que llega hacia el tablero de distribución desde el medidor.

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

Tabla 3.13 calibre de conductor según corriente.

El cálculo que anteriormente se realizó para encontrar el número de circuitos que intervienen en el tablero principal, así como las protecciones termomagnéticas de cada uno de ellos, también la protección principal que acoge a todos los circuitos, quedando un total de 12 circuitos los cuales se lo visualiza en el diagrama unifilar del gráfico 3.39a, y ANEXO 4.

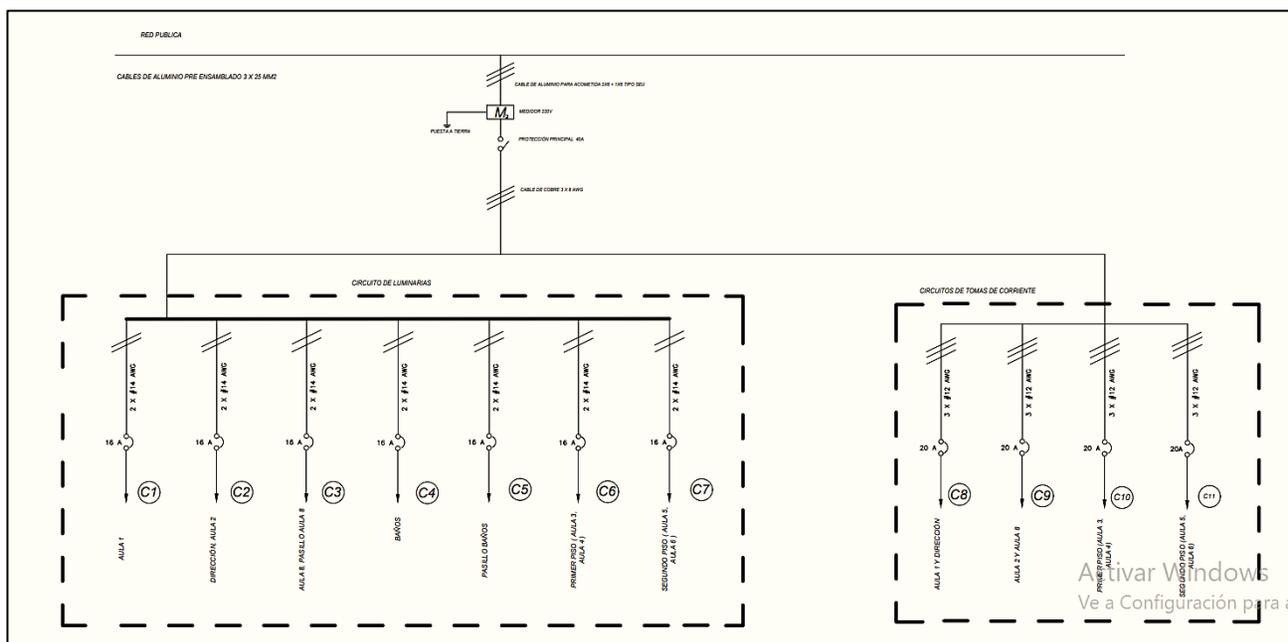


Gráfico 3.39a Diagrama unifilar

3.3.6 Instalación de Puesta a tierra

Los sistemas de puesta a tierra en una instalación eléctrica, son de vital importancia por ser un elemento muy importante para la seguridad tanto de equipos eléctricos como de protección para las personas. Los sistemas de puesta a tierra evitan que las personas entren en contacto directo con los circuitos (NEC, 2018).

“Los objetivos del sistema de puesta a tierra son: a) Garantizar la seguridad de las personas, b) Proteger las instalaciones, c) Generar un circuito de falla que permita la apertura de los dispositivos de interrupción y evitar interferencias electromagnéticas de equipos electrónicos” (NEC, 2018).

El sistema de puesta a tierra se lo instaló de acuerdo a las recomendaciones que no indica las normativas, es decir dentro del tablero principal se realizó un puente equipotencial entre la barra del neutro que proviene del medidor y la tierra que se lo coloca para los circuitos.

Una vez que se ha instalado el sistema de puesta a tierra dentro del tablero principal, todos los circuitos de fuerza se conectaron a dicho sistema de tierra, con el objetivo de tener aterrizado todos los elementos de fuerza de los circuitos de la escuela.

El conductor de puesta a tierra que se utilizó es un cable sólido de cobre aislado #8, esto se designó de acuerdo a la normativa del siguiente párrafo: “El conductor de puesta a tierra debe ser de cobre, sólido o cableado, aislado. Su sección mínima debe estar de acuerdo con la sección del conductor mayor de la acometida o alimentador en la siguiente relación: a) No. 8 AWG para conductor de acometida hasta No. 2 AWG b) No. 6 AWG para conductores de acometida desde No. 1 AWG hasta 1/0 AWG c) No. 4 AWG para conductores de acometida desde No. 2/0 AWG hasta 3/0 AWG” (NEC, 2018).

Para la medición del conductor a tierra del tablero principal se utilizó la pinza de resistencia de tierra Fluke 1630-2FC, comprobación sin picas, la cual permite la “identificación de la resistencia de bucle a tierra sin la necesidad de desconectar y volver a conectar el sistema el electrodo de puesta a tierra” (Fluke, 2023).

Para una segunda medición del conductor a tierra se utilizó la pinza telurimétrica marca DLG modelo DI-120B.

A continuación, en la figura 3.39b, se muestra lo descrito anteriormente.



Figura 3.39 b herramientas de medición de puestas a tierra.

En el Gráfico 3.39c se muestra el conductor puesto a tierra que baja desde el tablero principal.



Gráfico 3.39c cable de puesta a tierra en el tablero principal.

La normativa NEC indica que es necesario “asegurarse de que la impedancia del sistema a tierra sea menor de 25 Ohmios, tal y como se especifica en la norma NEC 250.56. En instalaciones con equipos sensibles, debería ser de 5,0 Ohmios o menos” (NEC, 2018).

3.4 Ubicación de la Escuela de Educación Básica “GALO PLAZA LASSO”



Figura 3.40. Escuela de Educación Básica “Galo Plaza Lasso”.



Figura 3.41. Ubicación de la Escuela de Educación Básica “Galo Plaza Lasso”

3.5 Descripción de la implementación en cada uno de los ambientes

3.5.1 AULA 1

ANTES DE LA IMPLEMENTACIÓN



Figura 3.42. Estado actual del aula



Figura 3.43. Tomas sin línea de tierra



Figura 3.44. Inspección del aula



Figura 3.45. Retiro de cableado existente.

DESCRIPCIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN AULA 1

Al inspeccionar físicamente esta aula encontramos una instalación eléctrica deficiente, encontrando los alambres de la instalación eléctrica de iluminación solamente sostenida mediante amarras adheridas a la estructura metálica del aula y el foco existente en el aula sostenidos con el propio conductor, la iluminación en esta aula es muy deficiente debido a la ubicación de una sola

luminaria, por tal razón se procedió a retirar los cables existentes, para la repotenciación de esta aula se utilizó tubería metálica distribuida de acuerdo con el plano de implementación, ubicando de forma simétrica seis luminarias colgantes de acuerdo con los estudios de Dialux para cumplir con la cantidad de iluminación requerida, se colocó conductores de calibre AWG 14 en color rojo para identificar la fase y retorno y en color blanco para el neutro de la instalación.

Se colocó cajetines metálicos en los lugares donde se ubican las luminarias, tanto estos elementos como la tubería se sujeta con grapas metálicas y autoperforantes para garantizar la seguridad de la instalación, en cuanto al tema de las luminarias por ser colgantes, se utilizó un cable de acero rígido galvanizado de 7 hilos dimensionado para una carga de trabajo de 330 kg y unos nudos metálicos para cable y de esta forma garantizar la seguridad de las luminarias.

En cuanto al sistema de fuerza del aula se encuentran ubicadas dos tomas las cuales no constan con la respectiva conexión a tierra, por tal razón se retiró todo el cableado existente en el aula y de acuerdo con los planos de implementación se coloca tres puntos de alimentación de fuerza colocando tres cables de calibre AWG 12, de color negro, blanco y verde, este último para la conexión a tierra, cambiando todos los tomacorrientes colocándose nuevos y protegiendo los conductores eléctricos con canaletas de dimensiones 20x10x2000 mm con ayuda de sus respectivos accesorios como uniones y ángulos internos, a más de ello se colocó clavos de acero para garantizar la sujeción con la pared.



Figura 3.46. Canaletas para las nuevas tomas.



Figura 3.47. Instalación de nuevos puntos.



Figura 3.48. Fijación de tomas.



Figura 3.49. Nuevo cableado para luminarias.

DESPUÉS DE LA IMPLEMENTACIÓN AULA 1



Figura 3.50. Nuevo sistema de luminarias.



Figura 3.51. Sistema de fuerza implementado.

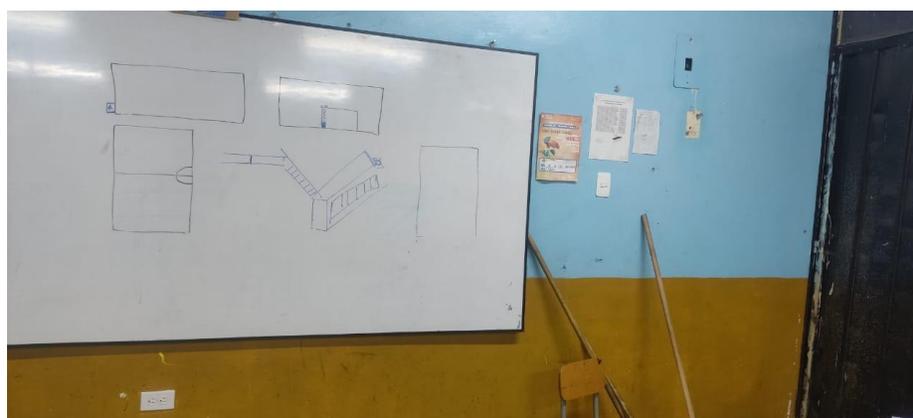


Figura 3.52. Punto de fuerza e interruptor de iluminación.

3.5.2 AULA 2

ANTES DE LA IMPLEMENTACIÓN



Figura 3.53. Comprobación de voltaje.



Figura 3.54. Tomacorrientes sin línea de tierra.



Figura 3.55. Estado de tomacorrientes.



Figura 3.56. Retiro de cableado antiguo

DESCRIPCIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN AULA 2

En cuanto a esta aula, de igual forma con el aula 1 el sistema de iluminación se encuentra sujeta con alambres a la estructura del techo contando con seis focos incandescentes y se procede con la inclusión de tubería metálica, cajetines metálicos, grapas y autoperforante para la guía de los conductores del sistema de iluminación con calibre AWG 14 en colores rojo y blanco y la ubicación de lámparas colgantes con la ayuda del cable de acero rígido galvanizado para garantizar su seguridad y funcionalidad.

En relación al sistema de fuerza al inicio esta aula cuenta con dos tomacorrientes de igual forma sin la utilización de conductor a tierra, con lo cual se reemplazó por tres tomacorrientes y todo el cableado de fuerza con cables conductores calibre AWG 12 con colores negro, blanco y verde y la inclusión de tomacorrientes nuevos para garantizar la seguridad y calidad del sistema de fuerza ubicado en esta aula acorde con las necesidades del cuerpo estudiantil de la institución.



Figura 3.57. Fijación de la tubería.



Figura 3.58. Tubería de luminarias



Figura 3.59. Cableado de fuerza e iluminación.



Figura 3.60. Cambio de tomacorrientes.

DESPUÉS DE LA IMPLEMENTACIÓN AULA 2



Figura 3.61. Luminarias del aula.



Figura 3.62. Nuevo sistema de tomacorrientes.

3.5.3 DIRECCIÓN

ANTES DE LA IMPLEMENTACIÓN



Figura 3.63 Iluminación existente.



Figura 3.64. Toma de datos en el tomacorriente.

DESCRIPCIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DIRECCIÓN

En cuanto a este punto de la institución en la inspección inicial se halló una instalación con un solo foco para iluminar el espacio y su respectivo interruptor colocado frente a la entrada del aula, con la cual no se cumple el nivel requerido ni ubicación adecuadas, en este espacio se encuentra el uso de cielo raso en el techo, para la implementación de las luminarias se realizó en las vigas principales de la estructura del cielo raso y se reubica el interruptor para las luminarias junto a la entrada de la dirección de esa forma contar con un diseño adecuado, los conductores utilizados en esta instalación se escogieron de acuerdo con los cálculos necesarios, colocando conductores color rojo y blanco para fase/retorno y neutro respectivamente en calibre AWG 14 en todo lo referente al sistema de iluminación.

En la parte de fuerza existe un solo tomacorriente funcional para todo el espacio también con ausencia de un cable de conexión a tierra, para garantizar la funcionalidad del espacio se implementa tres puntos de alimentación con conductores calibre AWG 12 en colores verde, negro y blanco para garantizar su funcionamiento y seguridad, reubicándolos de forma adecuada con la ayuda de canaletas y clavos de acero para garantizar la seguridad del sistema, de fuerza de la dirección.



Figura 3.65. Adecuación de nuevos puntos de tomacorrientes.



Figura 3.66. Ingreso de cableado a la dirección.



Figura 3.67. Dimensionamiento de nuevos puntos

DESPUÉS DE LA IMPLEMENTACIÓN DIRECCIÓN



Figura 3.68. Luminarias nuevas



Figura 3.69. Nueva ubicación del

interruptor.



Figura 3.70. Punto de fuerza central.



Figura 3.71. Cableado asegurado en canaletas.

3.5.4 AULA 8

ANTES DE LA IMPLEMENTACIÓN



Figura 3.72. Uso de una luminaria.



Figura 3.73. Un solo tomacorriente existente.

DESCRIPCIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN AULA 8

En esta aula en contraste con sus necesidades mínimas, en el sistema de iluminación se encuentra con el uso de solamente dos luminarias que al ser el aula más grande no cuenta con la cantidad adecuada de iluminación, para mejorar el ambiente del aula se incluye ocho luminarias empotradas al techo de madera del aula con la inclusión de conductores de calibre AWG 14 en colores rojo y blanco para fase/retorno y neutro respectivamente y la reubicación del interruptor para mejorar la comodidad de los estudiantes y profesores, los conductores se colocaron sobre la

cobertura de madera del techo del aula con la inclusión de tubería metálica con lo cual no se queda expuesta a la vista.

En el sistema de fuerza en esta aula se encuentra solamente con un tomacorriente los cual no cumple con las necesidades mínimas que se requieren de acuerdo con el espacio disponible, de igual forma para su repotenciación se coloca cuatro puntos de fuerza distribuidos simétrica y adecuadamente con la utilización de tubería metálica para la instalación del nuevo cableado eléctrico en calibre AWG 12 en colores blanco, negro y verde con la inclusión de la conexión a tierra ya que de igual forma que las aulas anteriores no se contaba con esta importante conexión.



Figura 3.74. Cableado interno.

Figura 3.75. Instalación de luminarias.

Figura 3.76. Material obsoleto.

DESPUÉS DE LA IMPLEMENTACIÓN AULA 8



Figura 3.77. Iluminación del aula.



Figura 3.78. Entrada del aula.



Figura 3.79. Tomacorriente 1 implementado.



Figura 3.80. Tomacorriente 2 implementado.

3.5.5 BAÑOS

ANTES DE LA IMPLEMENTACIÓN



Figura 3.81. Baños sin puntos de iluminación.



Figura 3.82. Ausencia de tubería eléctrica.



Figura 3.83. Baterías sanitarias sin iluminación.

DESCRIPCIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN BAÑOS

El espacio destinado para los baños de la institución la existencia del circuito de iluminación era nula, no existía iluminación en cada baño ni en los pasillos de este, así como en el espacio de lavamanos.

Para empezar con la implementación se tomó en cuenta nuevos puntos eléctricos, ya que los baños son de estructura de hormigón y por el mismo no existe paso de ninguna tubería para el cableado eléctrico. Cada baño tiene su luminaria con su respectivo interruptor y en los pasillos de

los baños, así como en el lavamos cuenta con iluminación que es controlada por un interruptor instalado en la entrada del área de los baños.

Se utilizó la dobladora de tubo $\frac{3}{4}$ " para dirigir el cableado hacia las luminarias y sus respectivas derivaciones en cada baño.

Los materiales que se utilizaron para el desarrollo de la iluminación del área de los baños son: Tubería EMT de $\frac{3}{4}$ ", cable eléctrico #14, herramientas para la instalación de la tubería y las luminarias y las luminarias de 18W.



Figura 3.84. Instalación de luminaria.

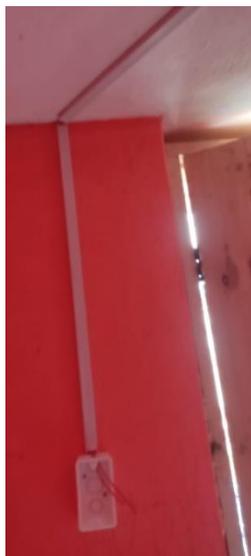


Figura 3.85. Paso de cables.



Figura 3.86. Doblado de tubería.



Figura 3.87. Dimensionamiento del espacio.

DESPUÉS DE LA IMPLEMENTACIÓN BAÑOS



Figura 3.88. Iluminación del pasillo.



Figura 3.89. Iluminación de lavamanos.

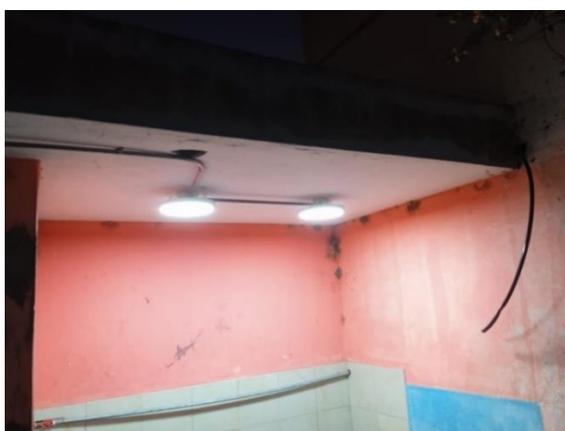


Figura 3.90. Iluminación de urinarios.



Figura 3.91. Iluminación de baterías sanitarias

3.5.6 AULA 3

ANTES DE LA IMPLEMENTACIÓN AULA 3



Figura 3.92. Instalación de tubería.



Figura 3.93. Ajuste de cajetín para exteriores.



Figura 3.94. Cableado para iluminación.



Figura 3.95. Cableado de alimentación general.

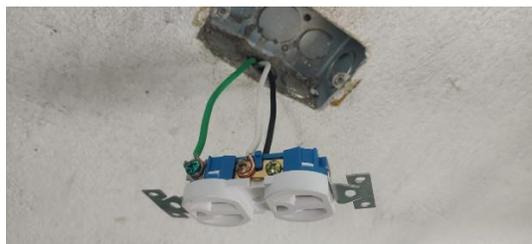


Figura 3.96. Instalación de puntos de fuerza.

DESCRIPCIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN

En este espacio de la unidad educativa en primer lugar se debió llevar los cables de alimentación tanto de iluminación como de fuerza, ya que este bloque solo estaba alimentado por dos conductores los cuales servían para iluminación y fuerza, en la parte de iluminación se encontró la utilización de cables de un solo color, entonces se colocó conductores 14 AWG en colores rojo y blanco para distinguir el neutro y el retorno.

En cuanto al sistema de fuerza se halló solamente un punto habilitado para su uso y con ausencia de conexión de tierra, entonces se colocó los tres conductores en color negro, verde y blanco en calibre 12 AWG para distinguir los conductores de fase, neutro y tierra, dejando todos los puntos funcionales.

DESPUÉS DE LA IMPLEMENTACIÓN AULA 3



Figura 3.97. Nuevos puntos de fuerza.



Figura 3.98. Luminarias instaladas.

3.5.7 AULA 4

DESCRIPCIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN

En este ambiente de la institución al igual que las otras se cambia todo el cableado existente ya que se contaba con conductores de un solo color, se coloca luminarias nuevas junto con todo el cableado en colores rojo para fase/retorno y blanco para neutro de calibre 14 AWG, todo el sistema de iluminación se entrega totalmente funcional.

En el sistema de fuerza se encuentra con la utilización de extensiones eléctricas ya que no funcionaban todos los puntos, se realiza el cambio de todo el cableado de fuerza con los colores negro, blanco y verde en calibre 12 AWG para una fácil identificación de los cables de fase, neutro y tierra en caso de futuras adecuaciones o mejoras de los ambientes.



Figura 3.99. Conexión de luminarias.



Figura 3.100. Identificación de cableado de fuerza.

DESPUÉS DE LA IMPLEMENTACIÓN



Figura 3.101. Nuevo sistema de iluminación.



Figura 3.102. Puntos de fuerza habilitados.

3.5.8 AULA 5

DESCRIPCIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN

En esta aula se evidencio que tanto la parte de iluminación como de fuerza se encontraba funcionando más sin embargo las luminarias ya se encontraban deterioradas razón por la cual se realizó el cambio de las mismas, instalando un cableado en colores rojo y blanco calibre 14 AWG para distinguir la fase y el retorno del sistema y dejarlo totalmente funcional, en los sistemas de fuerza pese a estar funcionando, no existía el conductor de tierra, entonces se realizó el cambio total de conductores así como tomacorrientes dejándolos correctamente identificados al igual que todas las instalaciones con colores blanco, negro y verde en calibre 12 AWG para mayor seguridad y su utilización sea acorde con la educación de los estudiantes y personal docente de la institución.



Figura 3.103. Instalación de luminarias.



Figura 3.104. Perforación para puntos de sujeción.

DESPUÉS DE LA IMPLEMENTACIÓN AULA 5



Figura 3.105. Sistema de iluminación completo.



Figura 3.106. Nuevos puntos de fuerza.

3.5.9 TABLERO PRINCIPAL

ANTES DE LA IMPLEMENTACIÓN



Figura 3.107 no existía tablero principal de conexiones

DESCRIPCIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN

Antes de realizar la implementación del tablero principal se procedió a escoger un lugar de fácil acceso para realizar cualquier maniobra necesaria y lo suficientemente alto para ello, en primer lugar se acondiciono el espacio en la pared para el tablero con el suficiente espacio para el ingreso del cableado, una vez instalado se deja secar la mezcla utilizada en su fijación, una vez que el cableado de todos los circuitos tanto de fuerza como de iluminación ya se encuentra en el tablero principal, se procede a colocar las protecciones termomagnéticas para cada circuito y la conexión de la puesta a tierra de los circuitos.

Con todo el cableado conectado se procede al etiquetado general para distinguir las distintas protecciones de cada uno de los circuitos y finalmente se procede con la energización del sistema con sus respectivas pruebas de funcionamiento.



Figura 3.108. Perforación de la puesta a tierra. Preparación del espacio para el tablero principal.

Colocación del tablero principal.

DESPUÉS DE LA IMPLEMENTACIÓN



Figura 3.109. Tablero principal.



Figura 3.110. Puesta a tierra al tablero.



Figura 3.111. Termomagnéticos por circuito.

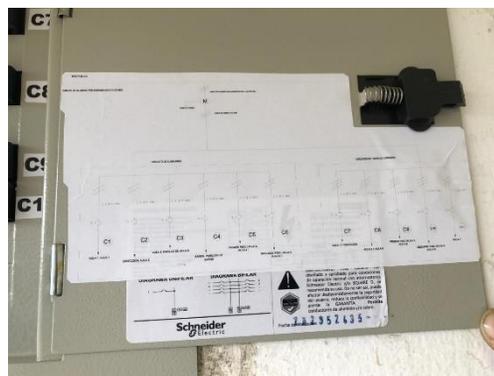


Figura 3.112. Diagrama unifilar en el tablero.

4 CAPÍTULO IV

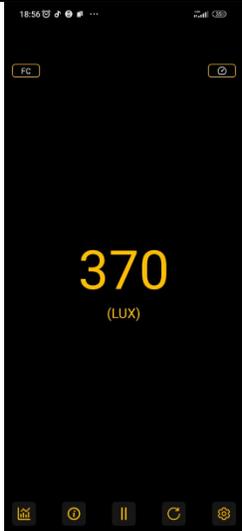
PRUEBAS, RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Escuela de Educación Básica Galo Plaza Lasso, ubicado en el barrio Laipo grande de la ciudad de Latacunga provincia de Cotopaxi, se realizó la repotenciación del sistema eléctrico tanto de luminarias como de fuerza (tomacorrientes), en cada uno de sus diferentes áreas antes mencionadas, para la realización de este proyecto se involucró algunos aspectos importantes como es, una planificación muy bien estructurada mencionada en el ANEXO 5 como cronograma de actividades, con horario de trabajo en los cuales los técnicos(estudiantes) trabajaron 8 horas diarias por 7 días y en tiempo parcial por 7 días más. También se realizó un presupuesto con todo el material necesario para la implementación del proyecto lo cual se menciona en el ANEXO 6 como lista de materiales, todo esto unido con el diseño eléctrico y de luminarias de cada uno de los circuitos, así como el respectivo cálculo de protecciones termomagnéticas y calibres de conductores, se llegó a la finalización de la repotenciación del área eléctrica de la escuela, teniendo los siguientes resultados de las mediciones de cada uno de las áreas en los tomacorrientes para su verificación de una correcta medición del valor de voltaje, también en el aspecto de iluminación la medición de la cantidad de luz en cada uno de las áreas implementadas, esto con el propósito de ser comparables y medidos los resultados en un antes y después de la implementación del proyecto.

4.1 Pruebas comparativas de las mediciones tomadas en cada una de las áreas implementadas.

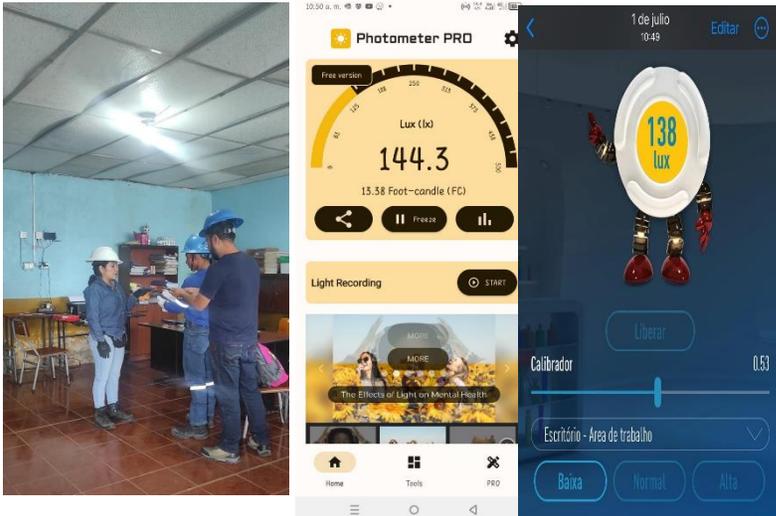
4.1.1 Aula 1

Medición de voltaje antes de la implementación del proyecto	Medición de voltaje después de la implementación del proyecto
V = 123.3 V	V = 128.5 V
	

Medición de la cantidad de luxes antes de la implementación del proyecto	Medición de la cantidad de luxes después de la implementación
150-160.3 LUX	370 LUX
 	

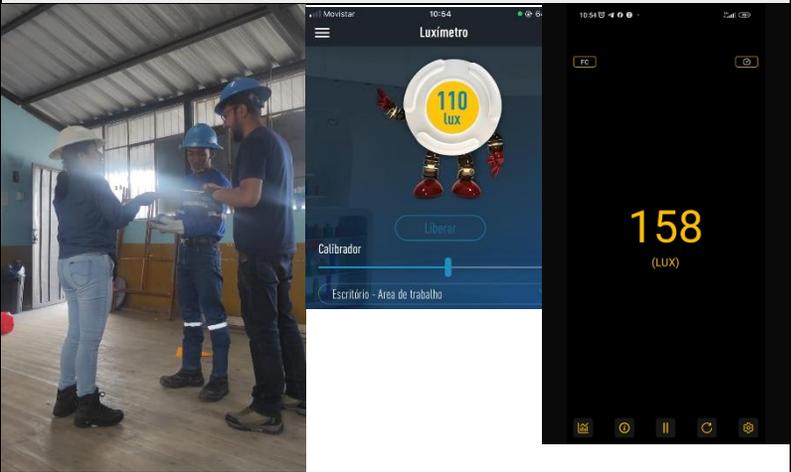
4.1.2 Dirección

Medición de voltaje antes de la implementación del proyecto	Medición de voltaje después de la implementación del proyecto
V = 122.2 V	V = 129.3 V
	

Medición de la cantidad de luxes antes de la implementación del proyecto	Medición de la cantidad de luxes después de la implementación
144.3-138.0 LUX	309 LUX
	

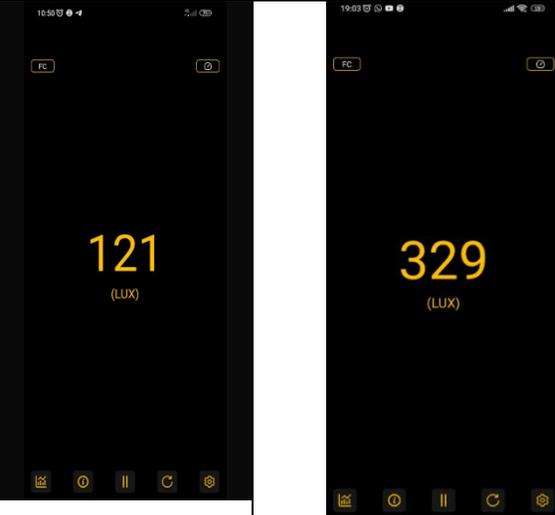
4.1.3 Aula 2

Medición de voltaje antes de la implementación del proyecto	Medición de voltaje después de la implementación del proyecto
V = 121.1 V	V = 128.8 V
	

Medición de la cantidad de luxes antes de la implementación del proyecto	Medición de la cantidad de luxes después de la implementación
110-158 LUX	337 LUX
	

4.1.4 Aula 8

Medición de voltaje antes de la implementación del proyecto	Medición de voltaje después de la implementación del proyecto
V=122.7 V	V = 127.7 V
	

Medición de la cantidad de luxes antes de la implementación del proyecto	Medición de la cantidad de luxes después de la implementación
128-121 LUX	329 LUX
	

4.1.5 Pasillo del Aula 8

Medición de la cantidad de luxes antes de la implementación del proyecto	Medición de la cantidad de luxes después de la implementación
—	117 LUX
PASILLO SIN ILUMINACIÓN	 <p>A vertical smartphone screenshot showing a dark interface with a large yellow number '117' in the center, with '(LUX)' written below it. The top status bar shows the time 18:38 and battery level. The bottom dock contains several icons.</p>

4.1.6 Baños

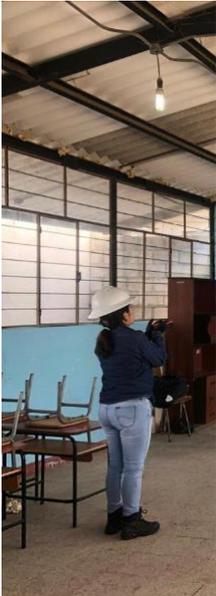
Medición de la cantidad de luxes antes de la implementación del proyecto	Medición de la cantidad de luxes después de la implementación
—	331 LUX
BAÑOS SIN ILUMINACIÓN	 <p>A vertical smartphone screenshot showing a dark interface with a large yellow number '331' in the center, with '(LUX)' written below it. The top status bar shows the time 19:05 and battery level. The bottom dock contains several icons.</p>

4.1.7 Pasillo de Baños

Medición de la cantidad de luxes antes de la implementación del proyecto	Medición de la cantidad de luxes después de la implementación
—	103 LUX
BAÑOS SIN ILUMINACIÓN	

4.1.8 Aula 3

Medición de voltaje antes de la implementación del proyecto	Medición de voltaje después de la implementación del proyecto
V = 120.2	V = 127.1 V
	

Medición de la cantidad de luxes antes de la implementación del proyecto	Medición de la cantidad de luxes después de la implementación
117 LUX	318 LUX
 	

4.1.9 Aula 4

Medición de voltaje antes de la implementación del proyecto	Medición de voltaje después de la implementación del proyecto
V = 121.7 V	V = 122.3 V
	

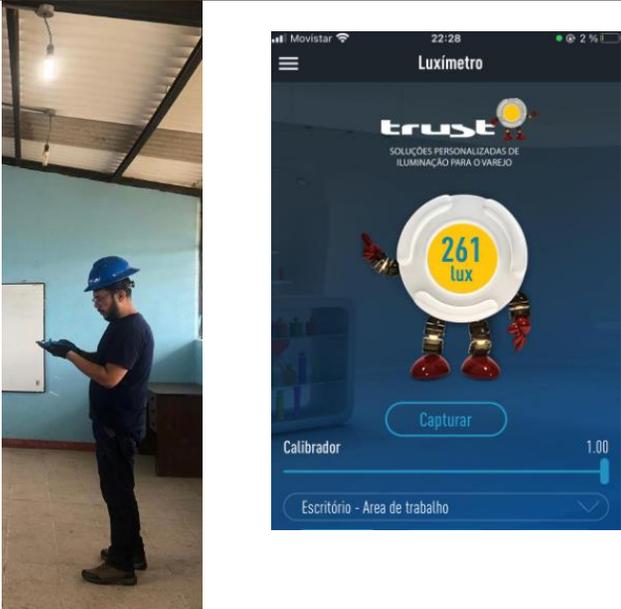
Medición de la cantidad de luxes antes de la implementación del proyecto	Medición de la cantidad de luxes después de la implementación
208 LUX	388 LUX
 	

4.1.10 Pasillo de aulas 3 y 4

Medición de la cantidad de luxes antes de la implementación del proyecto	Medición de la cantidad de luxes después de la implementación
—	116 LUX
PASILLO SIN ILUMINACIÓN	

4.1.11 Aula 5

Medición de voltaje antes de la implementación del proyecto	Medición de voltaje después de la implementación del proyecto
V = 119.3 V	
	

Medición de la cantidad de luxes antes de la implementación del proyecto	Medición de la cantidad de luxes después de la implementación
261 LUX	330 LUX
	

4.1.12 Puesta a tierra

Medición del conductor de puesta a tierra de los circuitos eléctricos de la Escuela (ANTES)	Medición del conductor de puesta a tierra de los circuitos eléctricos de la Escuela (DESPUÉS)
-	9.79 ohm
<p>NO EXISTE CONDUCTOR DE PUESTA A TIERRA, NO EXISTE TABLERO PRINCIPAL.</p>	 

5 CAPÍTULO V

5.1 Conclusiones

- La incorporación de un conductor conectado a tierra representa un gran avance en el sistema eléctrico de la institución ya que brinda una protección a todos los equipos allí utilizados, así como al personal presente.
- El cambio de los implementos eléctricos tales como interruptores, tomas y cableado por equipos nuevos reduce significativamente el riesgo de incendios por posibles cortocircuitos.
- La incorporación de distintos circuitos para aula tanto de fuerza como de iluminación contribuye a tener un ambiente eléctrico más controlado dentro de la institución.
- La institución luego de la intervención ya se encuentra enmarcada en la normativa vigente tanto en temas de conductores, equipos de mando y protección, a más de la incorporación de los respectivos planos.
- La implementación de tecnología más eficiente como por ejemplo la iluminación LED, reduce el consumo eléctrico de la institución y por consiguiente representa un ahorro económico significativo.
- Los nuevos puntos de fuerza implantados garantizan un acceso más cómodo y seguros para el uso de equipos necesarios para el proceso de aprendizaje.
- Con la implementación total de luminarias en los ambientes de la institución brinda mayor confort al cuerpo estudiantil, así como facilita la concentración y por ende el rendimiento académico.

- Una vez finalizada la intervención en la institución con la inclusión de aparatos nuevos, a largo plazo se reduce los costos de mantenimiento y reparación del sistema eléctrico general.
- Con la documentación entregada garantiza la evidencia de los trabajos realizados ya se sienta la base para nuevos proyectos.

5.2 Recomendaciones

- Las recomendaciones deben ser consideradas como aportes posibles y mejoras al desarrollo del proyecto.
- Brindar capacitación al personal docente de la institución sobre el uso adecuado de las nuevas instalaciones, así como a los estudiantes acerca del cuidado que se debe tener con la infraestructura eléctrica.
- Realizar un cronograma de mantenimiento preventivo de las instalaciones para evitar un deterioro prematuro.
- Mantener los planos eléctricos en un lugar adecuado y de fácil acceso para actuar efectivamente frente a cualquier situación.
- Evitar las sobrecargas de los circuitos de fuerza por la conexión de algunos dispositivos a un solo tomacorriente.
- Verificar que en el tablero principal se mantenga legible la información de los circuitos para garantizar la seguridad de la comunidad educativa.

5.3 Bibliografía

Antonio, R. R. (09 de 02 de 2023). *Implementación del sistema de cableado eléctrico en el laboratorio de electronica de la Universidad de las Fuerzas Armadas* . Obtenido de <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/35854/1/M-ESPEL-ENT-0436.pdf>

Cáneppa, B. G. (2021). *Interruptores Termomagnéticos*. El Oro: Instituto Superior Tecnológico

José Ochoa León.

CENTElsa. (03 de 05 de 2023). *Cables THHN*. Obtenido de

https://centelsa.com/thhn_thwn_2/cables-thhn-thwn-2/

Conductores, C. y. (01 de 03 de 2022). *Tomacorrientes*. Obtenido de

<https://cablesyconductores.com/tomacorriente/>

Conelsa. (12 de 01 de 2024). *Alambres y Cables THHN*. Obtenido de [https://conelsa.com.ec/wp-](https://conelsa.com.ec/wp-content/uploads/2022/11/alambres_y_cables_tipo_TFN_THHN_600V_90C.pdf)

[content/uploads/2022/11/alambres_y_cables_tipo_TFN_THHN_600V_90C.pdf](https://conelsa.com.ec/wp-content/uploads/2022/11/alambres_y_cables_tipo_TFN_THHN_600V_90C.pdf)

Ecuador, E. (09 de 08 de 2023). *Escuelas Ecuador*. Obtenido de

<https://www.escuelasecuador.com/escuela-de-educacion-basica-galo-plaza-lasso-cotopaxi-latacunga-05h00068>

FERRETERIA, M. (02 de 06 de 2023). *Interruptor eléctrico*. Obtenido de

<https://www.masferreteria.com/blog/un-interruptor-electrico-que-es-como-funciona-y-tipos-de-interruptores/>

Fluke. (08 de 04 de 2023). *Pinza de resistencia de tierra Fluke 1630*. Obtenido de

<https://www.fluke.com/es-ec/producto/comprobacion-electrica/conexion-a-tierra/fluke-1630-2-fc>

Gómez, B. V. (03 de 04 de 2020). *Iluminación natural, la luz, confort, métrica y diseño*.

Obtenido de <https://arquitecturaveliz.com/06-Iluminaci%C3%B3n%20natural.pdf>

Javier, A. E. (2013). *Repotenciación de circuitos eléctricos en la escuela Humberto Vacas*

Gomez. Quito: 05.

Lojan, J. C. (02 de 09 de 2022). *NTE INEN 2969-1, 2015*. Obtenido de

<https://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/25279>

- NEC, M. D. (15 de 02 de 2018). *NEC, INSTALACIONES ELÉCTRICAS*. Obtenido de <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/2023/03/1.-NEC-SB-Instalaciones-Electricas.pdf>
- Paul, P. M. (10 de 05 de 2022). *Auditoría energética en las instalalciones del centro de operaciones y mantenimiento de transporte (COMT)*. Obtenido de <https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/db80ca0a-86a0-4a3d-952a-fbe77f3f816e/content>
- Vinueza, E. I. (05 de 04 de 2023). *Tuberías y canaletas* . Obtenido de <https://www.eivinueza.com.ec/tuberias-y-canaletas/tuberias-emt/tuberia-emt.html>

6 ANEXOS

6.1 ANEXO 1. Planos iniciales

6.1.1 AutoCAD inicial

6.2 ANEXO 2. Planos con diseño eléctrico de fuerza y de iluminación

6.2.1 Diseño Dialux

6.2.2 Diseño AutoCAD

6.3 ANEXO 3. Cuadro de dimensionamiento de conductores, protecciones

termomagnéticas y cable de acometida.

6.4 ANEXO 4. Planos definitivos acorde a la implementación de los circuitos de fuerza e iluminación.

6.4.1 Diseño Dialux

6.4.2 Diseño AutoCAD

6.5 ANEXO 5. Cronograma de actividades.

6.6 ANEXO 6. Lista de materiales

6.7 ANEXO 7. Carta de petición de la Escuela de Educación Básica Galo Plaza Lasso.

6.8 ANEXO 8. Carta de agradecimiento y conformidad por los trabajos realizados en la

Escuela de Educación Básica Galo Plaza Lasso.