

*Pre*grado

Carrera: Tecnología Superior en Electricidad

Asignatura (UIC): Desarrollo de Proyecto

Trabajo de titulación previo a la obtención del

Título en: Tecnólogo Superior en Electricidad

Tema: Rediseño de instalación eléctrica de la escuela Teniente Hugo Ortiz de la zona urbana de el Cisne.

Autor/s: German Enrique Bustamante Acaro

Axelo Mayin Jaramillo Jaramillo

Franklin Fidel Galarza Cadena

Tutor Técnico: Ing. Alvaro Mullo Q.Mg.

Sangolquí, 4 Septiembre de 2024

Autor:



German Enrique Bustamante Acaro

Título a obtener: Tecnólogo Electricidad

Matriz: Sangolquí -Ecuador

Correo electrónico: German.bustamante@ister.edu.ec

Autor:



Axelo Mayin Jaramillo Jaramillo

Título a obtener: Tecnólogo Electricidad

Matriz: Sangolquí -Ecuador

Correo electrónico: Axelo.jaramillo@ister.edu.ec

Autor:



Franklin Fidel Galarza Cadena

Título a obtener: Tecnólogo Electricidad

Matriz: Sangolquí -Ecuador

Correo electrónico: Franklin.galarza@ister.edu.ec

Dirigido por:



Ing. Alvaro Mullo Q.Mg.

Título: Q.Mg.

Matriz: Sangolquí -Ecuador

Correo electrónico: alvaro.mullo@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

(German Bustamante/Axelo

Jaramillo/Franklin Galarza)

(TEMA DE UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR)

CARTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CT-ANX-2024-ISTER-6-6.2

Sangolquí, 16 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, German Enrique Bustamante Acaro declaro y acepto en forma expresa lo siguiente: Ser autor del trabajo de titulación denominado Rediseño de Instalación Eléctrica de la Escuela Teniente Hugo Ortiz de la Zona Rural del Cisne , 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,



German Enrique Bustamante Acaro
C.I.: 2200198634

CARTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CT-ANX-2024-ISTER-6-6.2

Sangolquí, 16 de octubre del 2024

MSc. Elizabeth Ordoñez
DIRECTORA DE DOCENCIA

MSc. Mónica Loachamín
COORDINADORA DE TITULACIÓN

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

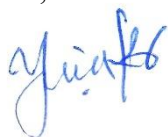
Presente

Por medio de la presente, yo, Franklin Fidel Galarza Cadena declaro y acepto en forma expresa lo siguiente: Ser autor del trabajo de titulación denominado Rediseño de Instalación Eléctrica de la Escuela Teniente Hugo Ortiz de la Zona Rural del Cisne , 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,



Franklin Fidel Galarza Cadena
C.I.: 2100134366

CARTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CT-ANX-2024-ISTER-6-6.2

Sangolquí, 16 de octubre del 2024

MSc. Elizabeth Ordoñez
DIRECTORA DE DOCENCIA

MSc. Mónica Loachamín
COORDINADORA DE TITULACIÓN

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

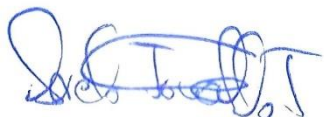
Presente

Por medio de la presente, yo, Axelo Mayin Jaramillo Jaramillo declaro y acepto en forma expresa lo siguiente: Ser autor del trabajo de titulación denominado Rediseño de Instalación Eléctrica de la Escuela Teniente Hugo Ortiz de la Zona Rural del Cisne , 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,



Axelo Mayin Jaramillo Jaramillo
C.I.: 09176597401

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

CT-ANX-2024-ISTER-1

CARRERA:

TECNOLOGÍA UNIVERSITARIA EN ELECTRICIDAD

AUTOR /ES:

GERMAN ENRIQUE BUSTAMANTE ACARO
AXELO MAYIN JARAMILLO JARAMILLO
FRANKLIN FIDEL GALARZA CADENA

TUTOR:

ALVARO SANTIAGO MULLO QUEVEDO

CONTACTO ESTUDIANTE:

0962134033
0981231642
0962284701

CORREO ELECTRÓNICO:

germbus@gmail.com
axelomayin1973@gmail.com
franklincadena888@gmail.com

TEMA:

REDISEÑO DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE LA ESCUELA TENIENTE HUGO
ORTIZ DE LA ZONA RURAL DEL CISNE.

OPCIÓN DE TITULACIÓN:

UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

RESUMEN EN ESPAÑOL:

Cuando se trata temas de instalaciones eléctricas, se hace referencia a una serie de procedimientos necesarios para lograr un propósito particular. La escuela Teniente Hugo Ortiz durante la pandemia del COVID 19 sufrió robos en sus instalaciones, por esta razón se escogió este establecimiento como parte de nuestro trabajo de titulación, ya que es una institución de bajos recursos. Para llevar a cabo este proceso, se realizó junto con el grupo de trabajo una inspección visual y técnica de las instalaciones eléctricas, para reconocer su estructura, la ubicación de los componentes eléctricos y el estado en que se encuentran, para la actualización de planos eléctricos y unifilares del establecimiento, este análisis y la obtención de datos permitió identificar las partes de los circuitos que presenten problemas. Para iniciar con nuestros trabajos de rediseño de las instalaciones, se proyectó un tablero general y varios tableros de distribución, un correcto dimensionamiento del cableado de los circuitos de iluminación y fuerza, sus protecciones adecuadas, los nuevos planos eléctricos y unifilares diseñados en AutoCAD. Con la ayuda del programa DIALUX, se realizó el cálculo y selección de las nuevas luminarias en cada aula, que tienen medidas iguales, para así reducir el consumo eléctrico del establecimiento con el cambio de luminarias a tipo led, los tomacorrientes se distribuyeron según las cargas actuales que tiene la escuela. De la misma manera se adquirió un telurómetro marca FLUKE, con lo cual se realizó la prueba de resistividad del suelo para luego proceder a realizar el sistema de puesta a tierra en la unidad educativa. El rediseño de la instalación eléctrica no solo brinda la seguridad y eficiencia del sistema si no que asegura un contorno de aprendizaje seguro y confiable a los usuarios. El presente trabajo de grado para la titulación como Tecnólogos en el prestigioso Instituto Tecnológico Universitario Rumiñahui nos permite brindar el soporte necesario para implementar y compartir nuestros conocimientos con una revisión y rediseño de las instalaciones eléctricas internas de la escuela Teniente Hugo Ortiz.

PALABRAS CLAVE:

Instalaciones eléctricas; Diseño e implementación; Rediseño de iluminación; Rediseño de tomacorriente; Sistema a puesta a tierra.

ABSTRACT:

When dealing with electrical installations, reference is made to a series of procedures necessary to achieve a particular purpose. During the COVID 19 pandemic, the Teniente Hugo Ortiz school suffered thefts in its facilities. For this reason, this establishment was chosen as part of our degree work, since it is a low-income institution. To carry out this process, a visual and technical inspection of the electrical installations was carried out together with the work group, to recognize its structure, the location of the electrical components and the state in which they are in order to update the electrical and single-line drawings of the facility. This analysis and data collection allowed us to identify the parts of the circuits that present problems. To start with our work of redesigning the facilities, we projected a general board and several distribution boards, a correct sizing of the wiring of the lighting and power circuits, their appropriate protections, the new electrical and single-line drawings designed in AutoCAD. With the help of the DIALUX program, the calculation and selection of the new lighting fixtures in each classroom was carried out, which have the same measurements, in order to reduce the electrical consumption of the establishment with the change of lighting fixtures to LED type, the outlets were distributed according to the current loads that the school has. In the same way, a FLUKE tellurometer was acquired, with which the soil resistibility test was carried out in order to proceed with the grounding system in the educational unit. The redesign of the electrical installation not only provides the safety and efficiency of the system but also ensures a safe and reliable learning environment for the users. The present work for the degree as Technologists in the prestigious Instituto Tecnológico Universitario Rumiñahui allows us to provide the necessary support to implement and share our knowledge with a review and redesign of the internal electrical installations of the school Lieutenant Hugo Ortiz.

PALABRAS CLAVE:

Electrical installations; Design and implementation; Lighting redesign; Outlet redesign; Grounding system.

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: German Enrique Bustamante Acaro, con C.I.: 2200198634 alumno de la Carrera ELECTRICIDAD.

Atentamente,



Firma del Estudiante

C.I.: 2200198634

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: Franklin Fidel Galarza Cadena, con C.I.: 2100134366 alumno de la Carrera ELECTRICIDAD.

Atentamente,



Firma del Estudiante
C.I.: 2100134366

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

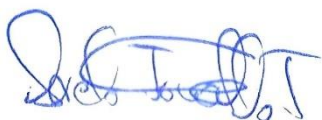
Sres.-

**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: Axelo Mayin Jaramillo Jaramillo, con C.I.: 09176597401 alumno de la Carrera ELECTRICIDAD.

Atentamente,



Firma del Estudiante
C.I.: 09176597401

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

DEDICATORIA

La presente Tesis está dedicada a Dios, que gracias a el he logrado culminar mi carrera

A mis queridos padres, porque ellos siempre me estuvieron apoyándome e incentivándome día a día y por ser pilares fundamentales en mi vida

A mi amada esposa, por brindarme el apoyo incondicional, confianza y el tiempo necesario para realizarme un profesional.

A mis queridos hermosos hijos/as, en lo cual ellos son mi motivación e inspiración de seguir superándome cada día más y así, poder luchar para que la vida nos depare un futuro mejor.

A mis hermanos y sobrinos agradecerles infinitamente porque siempre me brindaron su apoyo

A mis compañeros y amigos presentes, quienes sin esperar nada a cambio partieron su conocimiento de alegría, y tristeza durante los estos dos años de estudio por lo tanto lo hemos logrado que este sueño se haga realidad.

AGRADECIMIENTOS

Le agradezco profundamente a mi tutor por su dedicación, paciencia en la corrección de mi tesis, ya que sin sus palabras y correcciones precisa no hubiese logrado a esta instancia tan anhelada. Una vez más le agradezco a mi tutor por su guía y todos sus consejos, que son palabras inolvidables que siempre llevare grabado en mi memoria y en mi futuro profesional.

RESUMEN

Cuando se trata temas de instalaciones eléctricas, se hace referencia a una serie de procedimientos necesarios para lograr un propósito particular. La escuela Teniente Hugo Ortiz durante la pandemia del COVID 19 sufrió robos en sus instalaciones, por esta razón se escogió este establecimiento como parte de nuestro trabajo de titulación, ya que es una institución de bajos recursos. Para llevar a cabo este proceso, se realizó junto con el grupo de trabajo una inspección visual y técnica de las instalaciones eléctricas, para reconocer su estructura, la ubicación de los componentes eléctricos y el estado en que se encuentran, para la actualización de planos eléctricos y unifilares del establecimiento, este análisis y la obtención de datos permitió identificar las partes de los circuitos que presenten problemas. Para iniciar con nuestros trabajos de rediseño de las instalaciones, se proyectó un tablero general y varios tableros de distribución, un correcto dimensionamiento del cableado de los circuitos de iluminación y fuerza, sus protecciones adecuadas, los nuevos planos eléctricos y unifilares diseñados en AutoCAD. Con la ayuda del programa DIALUX, se realizó el cálculo y selección de las nuevas luminarias en cada aula, que tienen medidas iguales, para así reducir el consumo eléctrico del establecimiento con el cambio de luminarias a tipo led, los tomacorrientes se distribuyeron según las cargas actuales que tiene la escuela. De la misma manera se adquirió un telurómetro marca FLUKE, con lo cual se realizó la prueba de resistibilidad del suelo para luego proceder a realizar el sistema de puesta a tierra en la unidad educativa. El rediseño de la instalación eléctrica no solo brinda la seguridad y eficiencia del sistema si no que asegura un contorno de aprendizaje seguro y confiable a los usuarios. El presente trabajo de grado para la titulación como Tecnólogos en el prestigioso Instituto Tecnológico Universitario Rumiñahui nos permite brindar el soporte necesario para implementar y compartir nuestros conocimientos con una revisión y rediseño de las instalaciones eléctricas internas de la escuela Teniente Hugo Ortiz.

Palabras claves: *Instalaciones electricas; Diseño e implementacion; Rediseño de iluminación; Rediseño de tomacorriente; Sistema a puesta a tierra.*

ABSTRACT

When dealing with electrical installations, reference is made to a series of procedures necessary to achieve a particular purpose. During the COVID 19 pandemic, the Teniente Hugo Ortiz school suffered thefts in its facilities. For this reason, this establishment was chosen as part of our degree work, since it is a low-income institution. To carry out this process, a visual and technical inspection of the electrical installations was carried out together with the work group, to recognize its structure, the location of the electrical components and the state in which they are in order to update the electrical and single-line drawings of the facility. This analysis and data collection allowed us to identify the parts of the circuits that present problems. To start with our work of redesigning the facilities, we projected a general board and several distribution boards, a correct sizing of the wiring of the lighting and power circuits, their appropriate protections, the new electrical and single-line drawings designed in AutoCAD. With the help of the DIALUX program, the calculation and selection of the new lighting fixtures in each classroom was carried out, which have the same measurements, in order to reduce the electrical consumption of the establishment with the change of lighting fixtures to LED type, the outlets were distributed according to the current loads that the school has. In the same way, a FLUKE tellurometer was acquired, with which the soil resistibility test was carried out in order to proceed with the grounding system in the educational unit. The redesign of the electrical installation not only provides the safety and efficiency of the system but also ensures a safe and reliable learning environment for the users. The present work for the degree as Technologists in the prestigious Instituto Tecnológico Universitario Rumiñahui allows us to provide the necessary support to implement and share our knowledge with a review and redesign of the internal electrical installations of the school Lieutenant Hugo Ortiz.

Keywords: *Electrical installations; Design and implementation; Lighting redesign; Outlet redesign; Grounding system.*



Tecnológico UNIVERSITARIO
“RUMIÑAHUI”

CARRERA:
ELECTRICIDAD

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de
TECNOLÓGO SUPERIOR EN ELECTRICIDAD

TEMA:
REDISEÑO DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE LA ESCUELA TENIENTE HUGO
ORTIZ DE LA ZONA RURAL DE EL CISNE

AUTOR:
GERMAN BUSTAMANTE
AXELO JARAMILLO
FRANKLIN GALARZA

DIRECTORES:
MULLO QUEVEDO ÁLVARO SANTIAGO

Sangolquí, 4 Septiembre del 2024

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	6
CAPITULO I	7
INTRODUCCIÓN	7
1.1 Planteamiento del Problema.....	7-8
1.2 Justificación.....	8
1.3 Alcance.....	8
1.4 Objetivos General y Específicos	7
1.4.1 <i>Objetivo General:</i>	7
1.4.2 <i>Objetivos Específicos:</i>	8
CAPITULO II	9
MARCO TEÓRICO.....	9
2.1 Antecedentes	9
2.2 Normativa para las instalaciones eléctricas.....	9
2.2.1 <i>Normas NEC</i>	11-12
2.2.2 <i>Normas IECE</i>	12
2.2.3 <i>Normas INEN 2345</i>	12
2.3 Instalaciones Eléctricas	9
2.3.1 <i>Instalaciones eléctricas domiciliarias</i>	12
2.3.2 <i>Instalaciones eléctricas industriales</i>	13
2.4 Voltaje Electrico.....	9
2.5 Resistencia.....	9
2.6 Corriente.....	9
2.7 Potencia	9

2.8	Niveles de voltaje usados en baja tensión	9
2.9	Estudio de carga electrica.....	9
2.10	Diseño electrico.....	9
2.11	Rediseño electrico	9
2.12	Circuitos	9
2.12.1	<i>Circuitos de iluminación</i>	16
2.12.2	<i>Circuitos de tomacorrientes</i>	16
2.12.3	<i>Circuitos de cargas especiales</i>	16
2.13	Simbología eléctrica.....	9
2.14	Partes de una instalación eléctrica.....	9
2.14.1	<i>Acometida</i>	18
2.14.2	<i>Medidor eléctrico</i>	18
2.14.3	<i>Conductores</i>	17-20
2.14.4	<i>Caja térmica</i>	20-21
2.14.5	<i>Conexión a tierra</i>	21-22
2.15	Protecciones	22-23
2.15.1	<i>Interruptor termomagnetico</i>	23-24
2.16.2	<i>Interruptor Diferencial</i>	24
2.16	Elementos de una instalación electrica.....	24
2.16.1	<i>Interruptor</i>	25
2.16.2	<i>Conmutador</i>	25-26
2.16.3	<i>Tomacirriente</i>	26-27
2.17	Esquema Unifilar.....	27-28
2.18	Esquema multifilar	28
CAPITULO III.....		27

3 DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN	27
3.1 Metodología	29-30
3.2 Materiales	30
3.2.1 <i>Multimetro</i>	30-31
3.2.2 <i>Telurometro</i>	31
3.2.3 <i>Autocad</i>	31
3.3 Levantamiento de información técnica de las instalaciones eléctricas internas de la unidad educativa Teniente Hugo Ortiz Garcés	9
3.3.1 <i>Plano unifilar</i>	32
3.3.2 <i>Plano arquitectonico</i>	32
3.3.3 <i>Plamo eléctrico</i>	32
3.3.4 <i>Acometida</i>	32
3.3.5 <i>Ubicación de tableros eléctricos</i>	33
3.3.6 <i>Levantamiento de información de tableros eléctricos</i>	33
3.3.7 <i>Tableros de distribución</i>	33-34
3.3.8 <i>Conductores</i>	34
3.3.9 <i>Conexión a tierra</i>	34-35
2.3.10 <i>Cuadro de cargas</i>	35-36
3.4 Rediseño	36
3.5 Rediseño de iluminación	36
3.5.1 <i>Cálculo de iluminación</i>	36-37
3.5.2 <i>Tipos de luminarias</i>	38
3.5.3 <i>Tableros de rediseño de iluminación</i>	38
3.5.4 <i>Total de luminarias de rediseño</i>	38
3.6 Rediseño de tomacorrientes	39

3.7	Interruptores	39
3.8	Conductores en circuitos de iluminación y tomacorrientes	39
3.9	Calculo de intensidad de los breakers termomagnéticos.....	39-40-41
3.10	Cálculo de números de conductores en tubo conduit.....	9-42
3.11	Cálculo de caída de voltaje.....	43
3.12	Diseño de puesta a tierra	44
3.13	Cálculo para diseño de puesta a tierra.....	44-45
CAPITULO IV.....		46
PRUEBAS, RESULTADOS Y DISCUSIÓN		46
4.1	Análisis de resultados.....	46
4.2	Costos de la implementación.....	46-47
CAPITULO V.....		47
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		50
BIBLIOGRAFIA		52

CAPITULO I

1 INTRODUCCIÓN

En el Ecuador y el mundo ha existido un cambio tecnológico radical, para la cual es necesario incluir nuevas tecnologías y equipos de funcionamiento eléctrico para mejorar la calidad en el desarrollo de diversas actividades cotidianas y entre ellas la escuela Teniente Hugo Ortiz, Esto ha propiciado la necesidad de cumplir las distintas normatividades y reglamentaciones vigentes en el país, para así garantizar realmente la seguridad de los estudiantes, profesores y público en general.

En Lago Agrio el sector educativo, para incrementar la calidad de servicio dentro de las escuelas, debe incluir implementaciones tecnológicas, tales como: los equipos de cómputo, equipos audiovisuales, equipos de sonido, entre otros; tal incremento sumado a la creciente necesidad de cobertura educativa ha traído como consecuencia un déficit en la infraestructura de algunas de las instituciones públicas, especialmente las de mayor antigüedad. Este déficit, se ve representado en mayor proporción por la infraestructura eléctrica¹, la cual, en la actualidad, se ha convertido en un impacto negativo sobre el desarrollo de las actividades cotidianas. En especial, en la escuela Teniente Hugo Ortiz que presentan aspectos como insuficiencia para alimentar simultáneamente la carga instalada, cables descubiertos sin chaquetas, sobredimensionamiento de las protecciones en la caja térmica, ausencia de canalizaciones, entre otras cosas. Conjugando, estas perspectivas y la de responsabilidad social de los estudiantes en electricistas nos vemos en la obligación de apoyar a este tipo de instituciones con el conocimiento adquirido durante nuestra etapa estudiantil y así contribuir con la provincia y cantón.

1.1 Planteamiento del Problema

En la escuela Teniente Hugo Ortiz, durante el periodo de pandemia en el año 2019, las clases se impartieron de manera virtual razón por la cual la escuela paso desalojada y descuidada, generándose así robos de dispositivos eléctricos como focos, tomas corrientes , breakers, etc. esto hace que sea necesario realizar una descripción detallada del estado actual de las instalaciones eléctricas de la unidad educativa, el cual implica conocer la infraestructura eléctrica y monitorear variables eléctricas como tensión, corriente y temperatura que evidencien el estado de la misma según los distintos tipos de carga, detectando así puntos

vulnerables. Además, es necesario verificar el estado de los conductores, presencia y pertinencia de tableros de distribución, medios de desconexión y protección, sistemas de puesta a tierra y aplicación de las normatividades aplicadas en Ecuador.

1.2 Justificación

El rediseño de las instalaciones eléctricas de la unidad educativa “TENIENTE HUGO ORTIZ GARCES” se va a centrar en mejorar la seguridad, la eficiencia y la capacidad de la instalación para satisfacer las necesidades actuales y futuras de la unidad educativa.

Por tal razón que el nuevo diseño eléctrico de cumplimiento de normativas y regulaciones eléctricas vigentes establecidas en el Ecuador.

Las instalaciones eléctricas de la unidad educativa pueden estar obsoletas y no pueden ser capaces de satisfacer las necesidades actuales de energía de la unidad educativa, especialmente con respecto a la creciente demanda de estudiantes. Ya con un rediseño se puede actualizar la infraestructura y proporcionar suficiente capacidad eléctrica para soportar las nuevas tecnologías modernas y cambiar las instalaciones eléctricas antiguas o defectuosa que representan un riesgo significativo para la seguridad de los estudiantes, el personal y los visitantes. Con el rediseño se va abordar problemas de seguridad como cables desgastados, conexiones sueltas o equipos obsoletos. Un rediseño nos puede proporcionar una mayor capacidad eléctrica y flexibilidad para adaptarse a cambios en el uso del espacio, la tecnología y las necesidades educativas.

1.3 Alcance

En proyecto tendrá 4 meses para rediseñar todas las instalaciones eléctricas desde su acometida hasta las conexiones de tomacorrientes e interruptores ubicados en cada punto de la escuela Teniente Hugo Ortiz, aplicando la normativa vigente en Ecuador NEC y así garantizar la seguridad de los estudiantes y la integridad de toda la infraestructura de la escuela.

1.4 Objetivos General y Específicos

1.4.1 Objetivo General:

- Rediseñar la instalación eléctrica de la Unidad Educativa “TENIENTE HUGO ORTIZ GARCES”, propiciando un correcto diseño de las instalaciones eléctricas y estimulando

el buen uso de la energía eléctrica, para dar cumplimiento de las normatividades y reglamentaciones vigentes en el país.

1.4.2 *Objetivos Específicos:*

- Diagnosticar el estado actual de las instalaciones eléctricas la Unidad Educativa “TENIENTE HUGO ORTIZ GARCES”, en función del Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas NEC.
- Rediseñar las instalaciones eléctricas de uso final de la Unidad Educativa “TENIENTE HUGO ORTIZ GARCES”, en función de dar cumplimiento a la norma NEC.
- Seleccionar correctamente los elementos de protección y conducción de acuerdo con la capacidad de corriente, tensión de aislamiento, regulación temperatura y corriente de cortocircuito, según sea el caso.

CAPITULO II

2 MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

La Unidad Educativa “TENIENTE HUGO ORTIZ GARCES” se encuentra ubicado en la provincia de Sucumbíos, en el cantón Lago Agrio de la parroquia Nueva Loja, en la vía La Laguna Km 2 ½ margen derecho Barrio Virgen del Cisne. Es un centro educativo de Ecuador perteneciente a la Zona 1 geográficamente es un centro educativo urbano, su modalidad es Presencial en jornada Matutina, con tipo de educación regular y con nivel educativo Inicial y EGB.

La Institución educativa obtiene sus recursos para desarrollar sus actividades de manera Fiscal, está en el régimen escolar Sierra y se puede llegar al establecimiento de manera terrestre. La Unidad Educativa cuenta con un total de 8 aulas, 1 coliseo y 2 baños, actualmente trabajan dentro de la institución 10 docentes los cuales son 8 mujeres y 2 varones que son los profesionales encargados de impartir su conocimiento y brindar una educación de excelencia a los estudiantes. Adicional la unidad educativa cuenta con un total de 140 estudiantes en los cuales son 81 mujeres y 59 varones. (ECUADOR)

A continuación, se detalla la información relevante de la Unidad Educativa “TENIENTE HUGO ORTIZ GARCES”:

- Código de provincia: 21
- Cantón: Lago Agrio
- Código de cantón: 2101
- Parroquia: Nueva Loja
- Código de parroquia: 210150
- Código de institución educativa: 21H00090
- Tipo de educación: Educación Regular
- Área: Urbana
- Régimen escolar: Sierra
- Jurisdicción: Intercultural
- Modalidad: Presencial
- Jornada: Matutina
- Tenencia de inmueble/edificio: Propio

- Padrón oficial: 2021 – 2022



Figura 1.- Escuela Teniente Hugo Ortiz.

2.2 Normativas para las instalaciones eléctricas

Las normativas para las instalaciones eléctricas son cruciales para garantizar la seguridad y el correcto funcionamiento de las instalaciones. Estas normativas varían según el país, pero generalmente están alineadas con estándares internacionales.

2.2.1 Norma NEC

Esta norma tiene por objeto fijar las condiciones mínimas de seguridad que deben cumplir las instalaciones eléctricas en Bajo Voltaje, con el fin de salvaguardar a las personas que las operan o hacen uso de ellas, proteger los equipos y preservar el ambiente en que han sido construidas.

Esta norma contiene esencialmente exigencias de seguridad. Su cumplimiento, junto a un adecuado mantenimiento, garantiza una instalación básicamente libre de riesgos; sin embargo, no garantiza necesariamente la eficiencia, buen servicio, flexibilidad y facilidad de ampliación de las instalaciones, condiciones éstas inherentes a un estudio acabado de cada proceso o ambiente particular y a un adecuado proyecto. (CONTRUCION, 2013)

2.2.2 Norma IEC

Es una serie de normas internacionales desarrolladas por la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC, por sus siglas en inglés) que establecen los requisitos para el diseño, la construcción y la verificación de instalaciones eléctricas de baja tensión. (Internacional, 2004)

2.2.3 Norma INEN 2345

Es una regulación ecuatoriana que aborda los requisitos técnicos para las instalaciones eléctricas en edificaciones, la cual establece los requisitos para la seguridad de alambres y cables monoconductores (conductores unipolares) con aislamiento termoplástico para 600 V, que se utilizan en instalaciones eléctricas.

2.3 Instalaciones Eléctricas

Es un conjunto de sistemas y componentes diseñados para la distribución, control y uso seguro de la electricidad en una edificación o infraestructura. Estas instalaciones permiten el suministro de energía eléctrica a diferentes puntos de uso dentro de un edificio, facilitando el funcionamiento de equipos eléctricos y electrónicos, la iluminación, y otros servicios esenciales.

2.3.1 Instalaciones eléctricas domiciliarias

Las instalaciones eléctricas residenciales son los sistemas de cables, dispositivos, y componentes eléctricos diseñados para proporcionar energía eléctrica a viviendas particulares. Su propósito es asegurar que los hogares tengan acceso seguro y eficiente a la electricidad para iluminación, electrodomésticos, sistemas de calefacción y refrigeración, y otros equipos eléctricos.

2.3.2 Instalaciones eléctricas industriales

Las instalaciones eléctricas industriales son sistemas complejos diseñados para proporcionar y gestionar la energía eléctrica en entornos industriales. Estos sistemas son más robustos y deben soportar mayores cargas eléctricas y condiciones operativas más exigentes en comparación con las residenciales. (CONEJO, 2007)

2.4 Voltaje eléctrico

Es la fuerza que se requiere para mover los electrones libres en el conductor, esta fuerza, voltaje, es suministrada por la fuente de tensión que posee una diferencia de potencial entre sus bornes. Su unidad de medida es el voltio (V). (Arboledas, 2014)

Su fórmula según la ley de ohm es:

$$V = I * R \quad \text{Ecuación 1}$$

2.5 Resistencia

Todo material ya sea aislante o conductor ofrecen una oposición al paso de la corriente eléctrica. Este grado de oposición al paso de los electrones a través de los materiales se lo conoce como resistencia eléctrica. Los materiales aislantes poseen resistencia muy elevada y los conductores muy baja. Su unidad de medida es el ohmio (Ω). (Arboledas, 2014)

Su fórmula según la ley de ohm es:

$$R = \frac{V}{I} \quad \text{Ecuación 2}$$

2.6 Corriente

Es la circulación de electrones a través de un conductor y su unidad de medida es el amperio (A), su fórmula según la ley de ohm es: (Arboledas, 2014)

$$I = \frac{V}{R} \quad \text{Ecuación 3}$$

2.7 Potencia

Es el trabajo que realiza el voltaje moviendo los electrones dentro de un circuito, su unidad de medida es el vatio (W). (Arboledas, 2014)

$$P = V * I \quad \text{Ecuación 4}$$

2.8 Niveles de voltajes usados en baja tensión

La ARCONEL, sobre la base de estudios por el CENACE, remite la información correspondiente a los niveles de voltaje que debe mantener el trasmisor y el factor de potencia que deben presentar las empresas eléctricas distribuidoras.

A nivel de Latinoamérica en las instalaciones residenciales se maneja voltajes de 120V con una frecuencia de 60 Hz.

Tabla 1.- Niveles de tensión.

ALTA TENSIÓN	69Kv - 138Kv - 230Kv
MEDIA TENSIÓN	600v - 40kv
BAJA TENSIÓN	120v - 600v

Tabla 2.- Clasificación de niveles de tensión.

Clasificación de los Niveles de Voltajes según el MEER		
TRANSMISIÓN	ALTO VOLTAJE	138kv en adelante
SUBTRANSMISIÓN	ALTO VOLTAJE	41Kv hasta 69kv
DISTRIBUCIÓN	MEDIO VOLTAJE	601v hasta los 40000v
	BAJO VOLTAJE	0v hasta los 600v

2.9 Estudio de carga eléctrica

El estudio de carga eléctrica es un análisis detallado de las necesidades de energía eléctrica de un edificio o instalación, ya sea residencial, comercial o industrial. Este estudio es fundamental para diseñar y dimensionar adecuadamente el sistema eléctrico, asegurando que todos los equipos y dispositivos reciban el suministro eléctrico necesario sin sobrecargar el sistema.

2.10 Diseño eléctrico

Es el proceso de planificación y creación de sistemas eléctricos para edificios, industrias, y otras instalaciones. Este diseño asegura que el sistema eléctrico sea seguro, eficiente y capaz de satisfacer las demandas de energía de manera confiable.

2.11 Rediseño eléctrico

El rediseño eléctrico implica la modificación o actualización de un sistema eléctrico existente para mejorar su rendimiento, seguridad, eficiencia, o para adaptarlo a nuevas necesidades y normativas. Este proceso es esencial en edificios antiguos, instalaciones industriales que han aumentado su capacidad, o cuando se requiere integrar nuevas tecnologías.

2.12 Circuitos

Un circuito eléctrico es una ruta o camino cerrado por donde fluye la corriente eléctrica. Esta corriente está generada por la diferencia de potencial (voltaje) entre los dos extremos del circuito y viaja a través de conductores, como cables de cobre o aluminio, que forman el camino cerrado. Los circuitos usados en las instalaciones domiciliarias e industriales por lo general son en paralelo tal como se muestra en la figura 2.

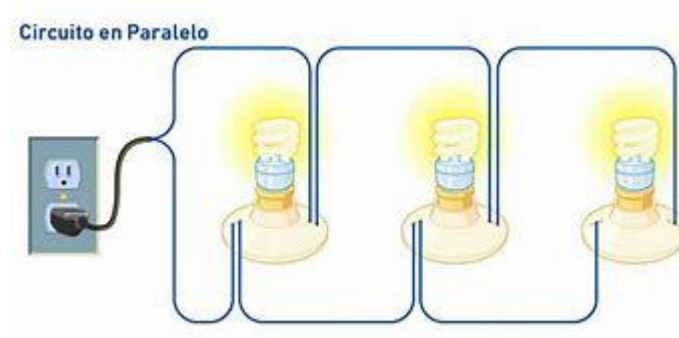


Figura 2.- Circuito en paralelo.

Según, NEC (2018) sugiere que la vivienda debe disponer de circuitos independientes de iluminación, tomacorrientes y cargas especiales con las siguientes características:

- Los conductores de alimentadores y circuitos deben dimensionarse para soportar una corriente no menor a 125 % de la corriente de carga máxima a servir.
- Cada circuito debe disponer de su propio neutro o conductor conectado a tierra.
- Cada circuito debe disponer de su propia protección.
- Ningún circuito debe compartir servicios entre plantas o niveles diferentes de la vivienda.

2.12.1 Circuitos de iluminación

Un circuito de iluminación es un sistema eléctrico diseñado para encender y controlar luces en una determinada área o instalación.

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)

2.12.2 Circuitos de tomacorriente

Los circuitos de tomacorrientes son fundamentales en cualquier instalación eléctrica, ya que permiten conectar y alimentar diversos dispositivos eléctricos.

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)

2.12.3 Circuitos de cargas especiales

Se diseñan para alimentar equipos y dispositivos que tienen requisitos específicos de energía o funcionamiento, tales como electrodomésticos grandes, equipos industriales, sistemas de calefacción y refrigeración, y equipos electrónicos sensibles. Estos circuitos suelen requerir medidas adicionales de protección y diseño para garantizar un funcionamiento seguro y eficiente. Los circuitos para cargas especiales tales como cocina eléctrica, vehículos eléctricos, calefacción, aire acondicionado, ducha eléctrica, equipos hidroneumáticos, ascensores, equipo médico, calentador eléctrico de agua, calefón eléctrico, entre otros, deben ser diseñados de manera individual para soportar la carga nominal unitaria de cada equipo. (NEC, 2018)

2.13 Simbología eléctrica

La simbología eléctrica es crucial en la elaboración de planos y diagramas eléctricos, ya que permite la representación clara y comprensible de los componentes y conexiones de un sistema eléctrico, en la figura 3 se puede apreciar algunos símbolos, más simbología ampliada se puede observar en el ANEXO A.

Descripción	Símbolo	Descripción	Símbolo
Circuito de iluminación		Punto de luz	
Circuito de tomacorrientes		Lampara fluorescente sencilla	
Circuito de interruptores		Lampara fluorescente triple	
Tablero de distribución principal		Interruptor simple	
Tablero de distribución secundario		Interruptor doble	
Tomacorriente doble monofásico		Interruptor triple	
Tomacorriente trifásico		Conmutador simple	
Contador de energía eléctrica		Conmutador doble	
Alimentación hacia arriba		Sirena	
Alimentación hacia abajo		Interruptor termomagnético	
Conexión de puesta a tierra		Transformador en general	

Figura 3.- Simbología eléctrica.

2.14 Partes de una instalación eléctrica

Una instalación eléctrica está compuesta de varios elementos que trabajan juntos para distribuir electricidad de manera segura y eficiente. A continuación, se mencionan las partes: Acometida, medidor de consumo, conductores, caja térmica y conexión a tierra. En la figura 4 podemos observar las partes.

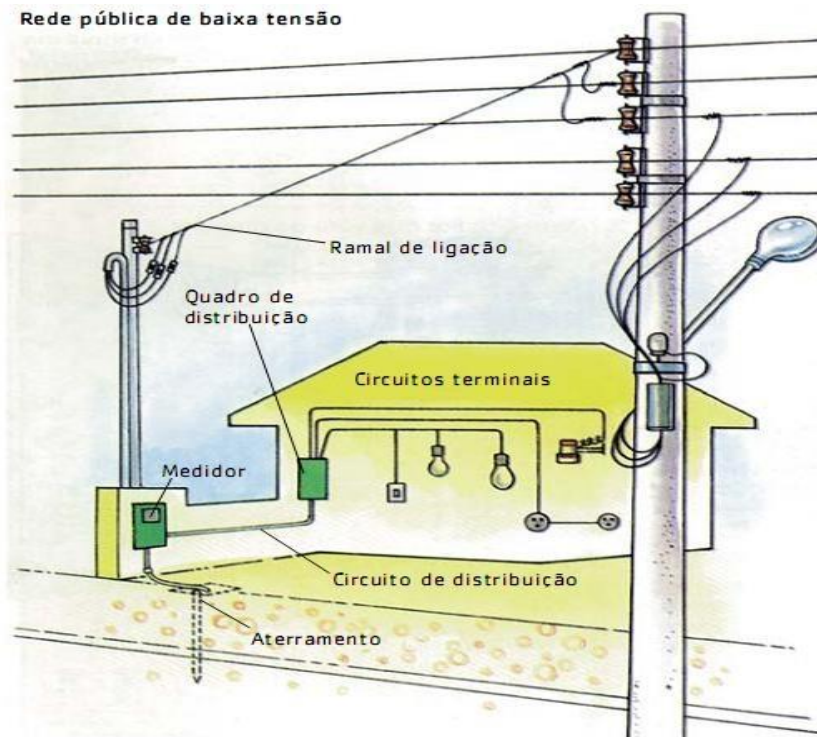


Figura 4.- Partes de una instalación eléctrica.

2.14.1 Acometida

Es una parte crucial de una instalación eléctrica que se refiere al conjunto de elementos y conductores que llevan la energía eléctrica desde la red de distribución pública hasta el punto de entrada de una propiedad, ya sea residencial, comercial o industrial.

La elección del grosor del conductor para la conexión debe cumplir con el calibre mínimo recomendado por la compañía que provee el servicio eléctrico. En el caso de conductores de cobre, este calibre no debe ser inferior a 8 AWG, mientras que, para conductores de aluminio, se debe garantizar un calibre no menor a 6 AWG, o seguir las especificaciones establecidas por la empresa eléctrica local correspondiente. (NEC, 2018)

2.14.2 Medidor Eléctrico

Es un dispositivo que registra la cantidad de energía eléctrica consumida por una residencia, negocio o instalación industrial. Este aparato es esencial para la facturación por parte de la compañía suministradora de energía y para el monitoreo del consumo eléctrico en nuestro caso de estudio es CNEP la encargada de brindar el servicio de distribución eléctrica en la provincia de Tucumán. En la figura 5 se puede observar un medidor de luz.



Figura 5.- Medidor eléctrico.

2.14.3 Conductores

Es la parte del cable que tiene la función específica de conducir la corriente eléctrica ofreciéndole la mínima resistencia. Los metales más usados son el cobre (cu) o el aluminio (Al). A continuación, en la tabla 3 se detalla las propiedades eléctricas y mecánicas más representativas de estos conductores. (Moreno).

Tabla 3.- Características eléctricas y mecánicas de los conductores.

Propiedades eléctricas y mecánicas			
Sustancia	Resistividad ($\Omega \text{ mm}^2/\text{m}$)	Coefficiente de temperatura	Peso específico (kg/dm^3)
Cobre	0,0172	0,0039	8,9
Aluminio	0,028	0,0037	2,71
Plata	0,016	0,0037	10,50

- **Instalación de conductores:**

Todos los conductores de energía eléctrica, empleados en las instalaciones, se deben colocar de modo que puedan ser fácilmente revisados o reemplazados. (NEC, 2018)

- Los conductores, que se utilicen en las instalaciones, deben estar sujetos a la norma vigente NTE INEN 2345 en lo que se refiere a su tipo de aislamiento.
- Todo conductor que va instalado en cualquier tipo de ducto, cuyo calibre sea mayor a 10 AWG, debe ser cableado.

- El circuito que va desde el tablero de distribución hasta la cocina eléctrica debe utilizar, como mínimo, conductor de cobre calibre 8 AWG por fase y 10 AWG para la tierra con aislamiento THHN.
- Todos los conductores para las instalaciones eléctricas residenciales deben ir colocados dentro de tuberías, las mismas que deben ser empotradas o sobrepuestas.
- Para identificar las fases de los conductores se debe utilizar el siguiente código de colores de acuerdo con la Tabla 4.

Tabla 4.- Código de colores de los conductores. (NEC, 2018)

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

2.14.4 Caja térmica

Una caja térmica, también conocida como caja de breakers o caja de disyuntores, es un componente crucial en una instalación eléctrica. Su función principal es albergar y proteger los interruptores automáticos, que son dispositivos de seguridad diseñados para proteger el sistema eléctrico contra sobrecargas y cortocircuitos. En la figura 6 se puede observar una caja térmica.



Figura 6.- Caja térmica.

2.14.5 Conexión a tierra

Es un sistema de seguridad que protege a las personas y a los equipos eléctricos de posibles descargas eléctricas. Este sistema proporciona un camino seguro para que la corriente eléctrica, en caso de una falla, se dirija al suelo y se disipe de manera segura.

Para reducir la resistividad del suelo y tener una buena conexión a tierra hay que formar uno o varios electrodos enterrados en el suelo. El electrodo más simple es una pica que es una varilla de acero de 1 o 2 cm de diámetro y 1 o varios metros de longitud, recubierta de cobre que se clava directamente. La resistividad (ρ) del terreno en el que se ha enterrado el electrodo de puesta a tierra se puede medirse (mediante un teluometro) o estimarse a partir del tipo de terreno que se trate mediante la siguiente tabla 5. (Izquierdo, 2014)

Tabla 5.- Resistividad según el suelo. Fuente (Izquierdo, 2014)

Naturaleza terreno	Resistividad en Ohm.m
Terrenos pantanosos	de algunas unidades a 30
Limo	20 a 100
Humus	10 a 150
Turba húmeda	5 a 100
Arcilla plástica	50
Margas y Arcillas compactas	100 a 200
Margas del Jurásico	30 a 40
Arena arcillosas	50 a 500
Arena silícea	200 a 3.000
Suelo pedregoso cubierto de césped	300 a 5.00
Suelo pedregoso desnudo	1500 a 3.000
Calizas blandas	100 a 300
Calizas compactas	1.000 a 5.000
Calizas agrietadas	500 a 1.000
Pizarras	50 a 300
Roca de mica y cuarzo	800
Granitos y gres procedente de alteración	1.500 a 10.000
Granito y gres muy alterado	100 a 600

- **Consideraciones para la instalación de puesta a tierra (NEC, 2018)**
- El tablero de distribución principal de la vivienda debe conectarse a su propia varilla de puesta a tierra.
- Todos los circuitos de tomacorrientes y los circuitos de cargas especiales deben llevar un conductor de tierra independiente del conductor de neutro.
- Al tablero de distribución de la vivienda deben llegar los conductores de las fases y neutro que vienen desde el medidor de energía eléctrica.
- Se debe tener en cuenta que en el tablero de distribución principal de la vivienda debe existir un puente equipotencial entre la barra de neutro y tierra. En los subtableros las barras de neutro y tierra deben permanecer aisladas entre sí, puesto que su alimentación desde el tablero principal debe tener un conductor independiente del neutro.
- El conductor de tierra de los circuitos de tomacorrientes debe conectarse a la barra de tierra del tablero de distribución.

2.15 Protecciones

Son dispositivos y sistemas diseñados para proteger tanto a las personas como a los equipos y la infraestructura eléctrica frente a fallos y anomalías. Estas protecciones son esenciales para garantizar la seguridad, la fiabilidad y la eficiencia del sistema eléctrico.

Los dispositivos de protección contra sobrecorrientes (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: (NEC, 2018)

- Su dimensionamiento está relacionado con la capacidad de los circuitos a proteger y al funcionamiento de las curvas de disparo intensidad-tiempo.
- Se deben alojar en tableros de distribución tipo centro carga.
- Deben soportar la influencia de los agentes externos a los que estén sometidos con al menos un grado de protección de IP 20.
- 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.

2.15.1 Interruptor termomagnético

Son dispositivos de protección esenciales en las instalaciones eléctricas, diseñados para proteger los circuitos eléctricos de las sobrecargas y los cortocircuitos. Funcionan combinando dos mecanismos de disparo: uno térmico y otro magnético.

Disparo Térmico:

Utiliza una lámina bimetálica que se deforma con el aumento de temperatura, es relativamente lento, permitiendo el disparo solo después de un cierto tiempo de exposición a la sobrecarga, lo que evita desconexiones innecesarias por picos momentáneos.

Disparo Magnético:

Utiliza un electroimán que actúa instantáneamente, cuando ocurre un cortocircuito una corriente muy alta que surge repentinamente, el alto flujo de corriente genera un campo magnético en el electroimán. Este campo magnético acciona inmediatamente el mecanismo de

disparo, abriendo el circuito casi instantáneamente. Es muy rápido, ideal para proteger contra los peligrosos picos de corriente que pueden causar daños severos o incendios.



Figura 7.- Interruptor termomagnético.

2.15.2 Interruptor diferencial

Es un dispositivo de protección utilizado en instalaciones eléctricas para detectar corrientes de fuga a tierra que puedan representar un riesgo de descarga eléctrica. Su función principal es desconectar rápidamente el circuito eléctrico cuando detecta una corriente de fuga, minimizando así el riesgo de accidentes eléctricos y electrocuciones.



Figura 8.- Interruptor diferencial.

2.16 Elementos en una instalación eléctrica

Una instalación eléctrica residencial está compuesta por varios elementos que trabajan juntos para proporcionar energía eléctrica de manera segura y eficiente a todos los dispositivos y equipos dentro de una vivienda o escuela.

2.16.1 Interruptor

Es un dispositivo que se utiliza para abrir o cerrar un circuito eléctrico, su función principal es controlar el flujo de corriente eléctrica hacia un dispositivo o una luminaria, permitiendo encender o apagar la electricidad desde un punto específico (Figura 9).

Tipos de Interruptores Comunes:

- Interruptor de Luz (Unipolar)
- Interruptor de Luz de Tres Vías (Bipolar)
- Interruptor de Luz de Cuatro Vías

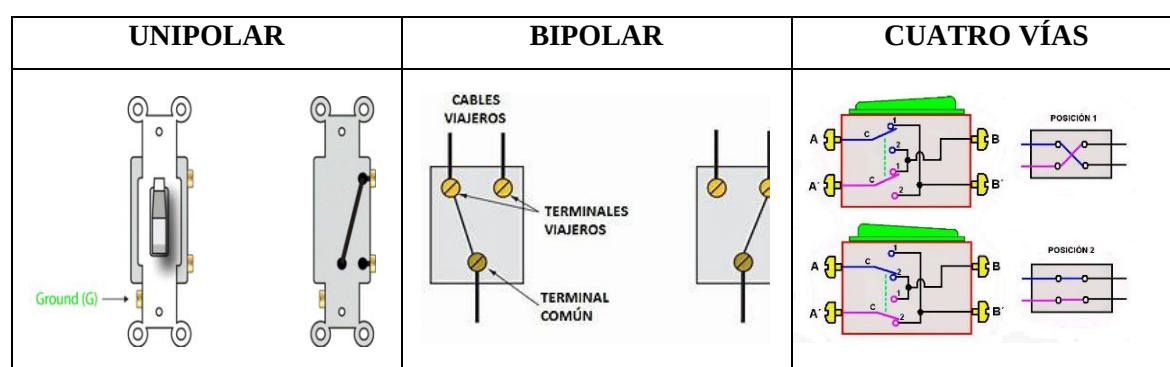


Figura 9.- Interruptores.

En la ubicación e instalación de los diferentes elementos eléctricos se debe considerar lo siguiente: (NEC, 2018)

- 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 conductor de fase.
- El interruptor al ser instalado en un lugar húmedo o al exterior de la vivienda debe alojarse en un gabinete para intemperie. No se deben instalar interruptores en lugares mojados, espacios de bañeras o duchas, a menos que estén certificados para estos usos.

2.16.2 Conmutador

Es un dispositivo que permite controlar el encendido y apagado de una o varias luces o circuitos eléctricos desde múltiples puntos diferentes. Es un tipo específico de interruptor utilizado en instalaciones eléctricas para ofrecer mayor flexibilidad en el control de la iluminación dentro de un espacio.

Tipos:

- Conmutador de tres vías
- Conmutador de cuatro vías

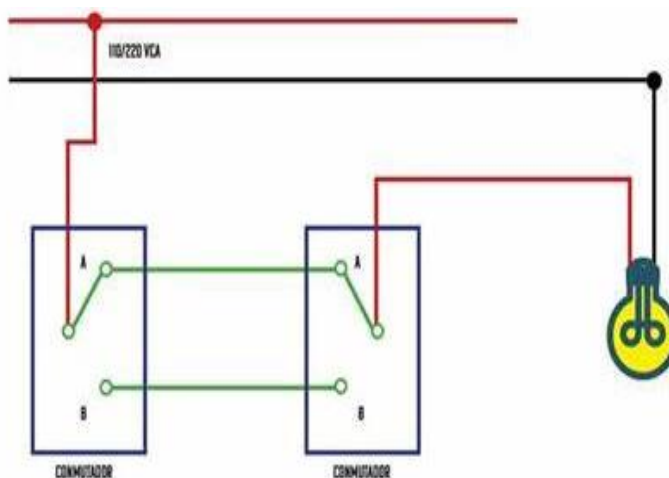


Figura 10.- Conexión de un Conmutador.

2.16.3 Tomacorriente

Es un dispositivo diseñado para conectar aparatos eléctricos a la red eléctrica, permitiendo el paso de corriente eléctrica desde la instalación eléctrica hasta el dispositivo que se conecta.

En la ubicación e instalación de los diferentes elementos eléctricos se debe considerar lo siguiente: (NEC, 2018)

c) 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.

d) Los tomacorrientes, de uso general, deben ser polarizados para la instalación del cable de protección a tierra.

e) Los tomacorrientes para cocinas eléctricas deben ser instalados en puntos fácilmente accesibles y su altura de montaje entre 0,20 y 0,80 m desde el suelo. Cuando se instale sobre mesones de cocina se debe colocar los tomacorrientes a una altura mínima de 0,10 m sobre el mesón.

f) El tomacorriente para la cocina eléctrica debe ser tipo NEMA 10-50R, cumplir con lo indicado en el Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 091 y las especificaciones del MEER.

g) Si se ha previsto la utilización de tomacorrientes empotrados en el piso, estos deben ser a prueba de humedad y tener alta resistencia mecánica.

h) La altura de instalación de tomacorrientes puede ser diferente a la indicada en esta norma en ambientes o montajes especiales.

i) Para el caso de viviendas en las que habiten personas con discapacidad, personas de la tercera edad y niños; la altura de instalación de interruptores, pulsadores y tomacorrientes deberá regirse a lo indicado en el capítulo NEC-HS-AU Accesibilidad Universal.

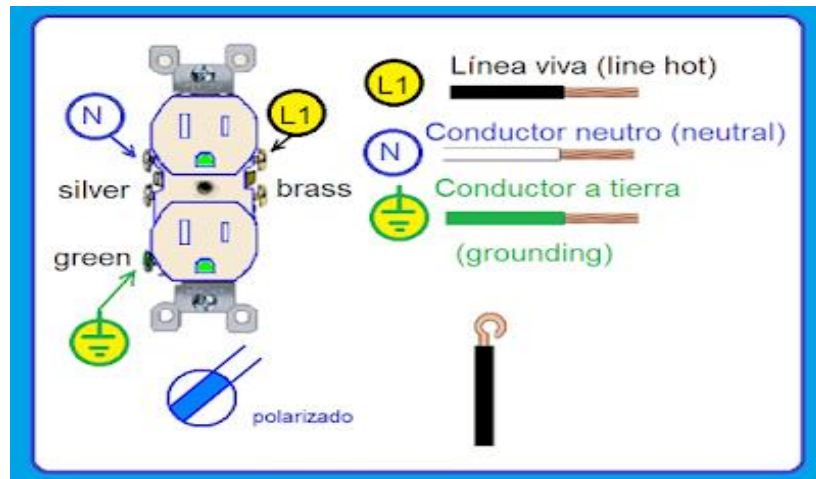


Figura 11.- Tomacorriente.

2.17 Esquema unifilar

Es un trazo único, representa el conjunto de varios conductores. Su representación es más útil y funcional, unas rayitas transversales paralelas en el trazo único indica el número de conductores a que equivale el trazo único. (Moreno)

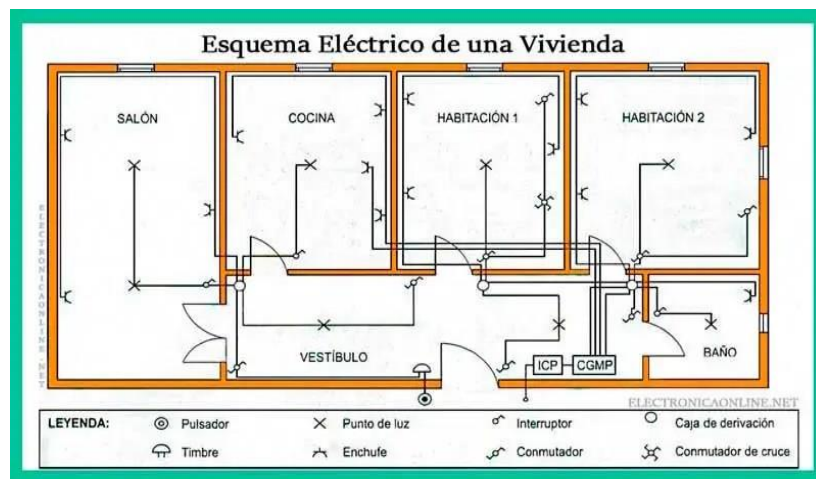


Figura 12.- Diagrama unifilar.

2.18 Esquema multifilar

En los esquemas multifilares cada conductor o conexión entre los bornes de un mismo o distinto elemento, se realiza un trazo o línea independiente. (Moreno)

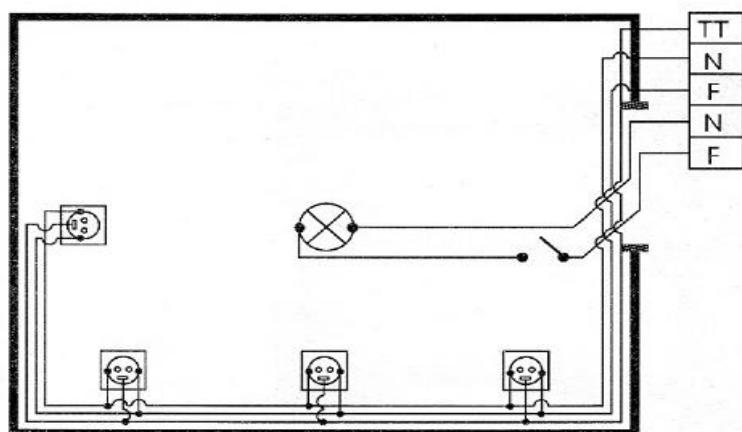


Figura 13.- Diagrama multifilar.

CAPITULO III

3 DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

En el presente capítulo, se va a realizar un levantamiento de información actual previo al rediseño y poder implementarlo en la Unidad Educativa “TENIENTE HUGO ORTIZ GARCES”, se va a detallar los resultados que se obtuvieron de la inspección técnica realizada a la escuela y el análisis del estado de las instalaciones eléctricas con ayuda de diferentes dispositivos eléctricos, conforme a la norma vigente. En este sentido se proporciona el número de circuitos, las cargas de cada tablero de distribución y el nivel de iluminación de cada área de la Unidad Educativa “TENIENTE HUGO ORTIZ GARCES”.

3.1 Metodología

Para la ejecución del proyecto de grado se optó por aplicar un diagrama de flujo para conseguir un diagnóstico de las instalaciones eléctricas internas, con el fin de conocer el estado actual de las instalaciones eléctricas y así poder mejorar para dar seguridad y comodidad a los estudiantes y profesores dentro de la unidad educativa.

El método se ejecutó por etapas ordenadas como se logra apreciar en el siguiente diagrama de flujo.

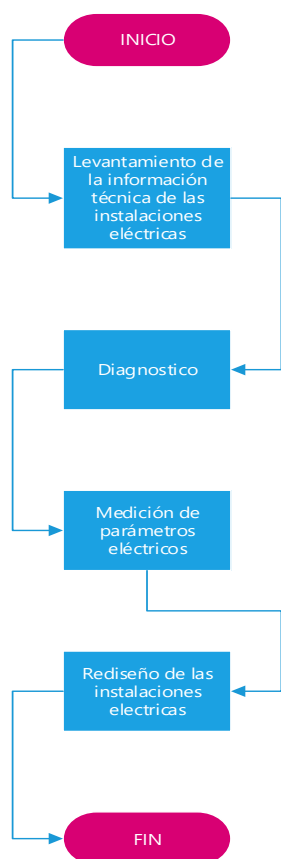


Figura 14- Diagrama de flujo.

3.2 Materiales

Para el tomar parámetros eléctricos, calidad de energía y rediseño hemos utiliza equipos de medición y software de dibujo y simulación eléctrica.

3.2.1 Multímetro

Es un instrumento que permite medir diferentes magnitudes eléctricas. Es decir, un multímetro sirve para medir resistencias, tensiones, corrientes en circuitos en corriente alterna y corriente continua (BALDERIX, 2024).



Figura 15- Multímetro.

3.2.1 Telurometro

Son equipos que miden la resistencia de puesta a tierra y la resistividad, esto permite analizar el suelo y poder realizar una malla para bajar la resistividad y bajarla para que la corriente en caso de cortocircuito se descarga en esta malla y proteja los equipos de la escuela.



Figura 16.- Telurómetro.

3.2.1 Autocad

Es un programa de ingeniería o software que es enfocado al diseño y dibujo de elementos en dos dimensiones (2D) y tres dimensiones (3D).

3.3 Levantamiento de información técnica de las instalaciones eléctricas internas de la Unidad Educativa “TENIENTE HUGO ORTIZ GARCÉS”.

Se realiza una visita técnica para realizar el levantamiento de las condiciones actuales de la unidad educativa tanto en la parte interna como la externa para toma de parámetros eléctricos y verificar las condiciones de los componentes eléctricos, con el fin de realizar un diagnóstico previo al rediseño.

3.3.1 Plano Unifilar

La elaboración de los planos unifilares se realiza en función al levantamiento de información obtenida durante la visita técnica. Los diagramas se van a dibujar a través del software AutoCad donde se va a visualizar las protecciones, calibre del conductor y el número y tipo de circuito, en el anexo A se adjunta los planos unifilares de cada tablero de distribución.

3.3.2 Plano Arquitectónico

Se realiza la toma de medidas de largo y ancho de cada aula para generar el plano arquitectónico, en el anexo B se puede observar el plano arquitectónico del establecimiento.

3.3.3 Plano Eléctrico

Los planos eléctricos de la escuela se los realizó para identificar de manera ordenada la ubicación de los circuitos de fuerza e iluminación presentes en el mismo como se puede visualizar en el anexo C.

3.3.4 Acometida

La acometida de la escuela “TENIENTE HUGO ORTIZ GARCÉS” es aérea y va conectado al contador eléctrico, como se puede observar en la figura 17. Los cables de la acometida están compuestos por tres conductores #6 AWG de aluminio.



Figura 17.- Acometida eléctrica.

3.3.5 Ubicación de los tableros eléctricos

En cada una de las aulas se encuentra un tablero de distribución, las cuales están ubicadas en sitios estratégicos de fácil acceso para su mantenimiento o manipulación en caso de falla.

Tabla 18.- Ubicación de tableros eléctricos.

TABLEROS DE DISTRIBUCIÓN	
Aulas escolares	TD1-TD2-TD3
	TD4-TD5-TD6
	TD7-TD8-TD9
Laboratorio de computación	TD10
Oficinas/Baños	TD11
Bar comedor	TD12
Garita/Coliseo	TD13

3.3.6 Levantamiento de información de los tableros eléctricos

Se realiza la verificación de la cantidad de tableros de distribución eléctrica existente con el propósito de verificar cuantos circuitos está asignado a cada uno, verificar calibre del conductor y protecciones eléctricas.

Se aísla eléctricamente cada tablero, una vez sin energía se procede a verificar los diferentes interruptores termomagnéticos en cada tablero para determinar a que circuito está asignado (Luces o Tomacorrientes).

3.3.7 Tableros de distribución

Cada tablero de distribución asignado a cada aula dentro de la escuela consta de dos interruptores termomagnéticos Figura 18. A continuación, se detalla las características.

- Tablero bifásico de 2 puntos.
- Alimentación de 1 fase + neutro de cobre, los conductores son de calibre #8 AWG.

- Posee dos interruptores termomagnéticos de 10 A y cinco de 30 A de un polo cada uno asignado para luces y tomacorriente respectivamente.

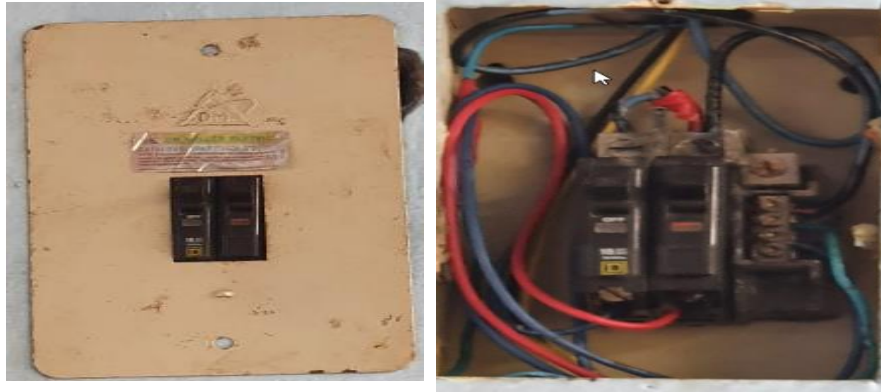


Figura 18.- Tablero de distribución de dos puntos.

3.3.8 Conductores

Los conductores dentro de la escuela se encuentran en mal estado y sin tubo conduit para su protección, adicional los conductores de fase, neutro y tierra se encuentran con diferentes colores como se muestra en la figura 19. Por tal razón incumple con la Norma Ecuatoriana de la Construcción ya que se señala en dicha norma los colores que se debe utilizar para determinar su función. (NEC, 2018)





Figura 19.- Conductores eléctricos de la escuela.

3.3.9 Conexión a tierra

La escuela tiene un sistema de puesta a tierra SPT con un conductor de cobre calibre 8 AWG de cobre que llega al tablero de distribución principal, de ahí se deriva a cada tablero de distribución de cada aula con conductor de calibre 12 AWG que posterior va conectado a los tomacorrientes como se observa en la figura 20.

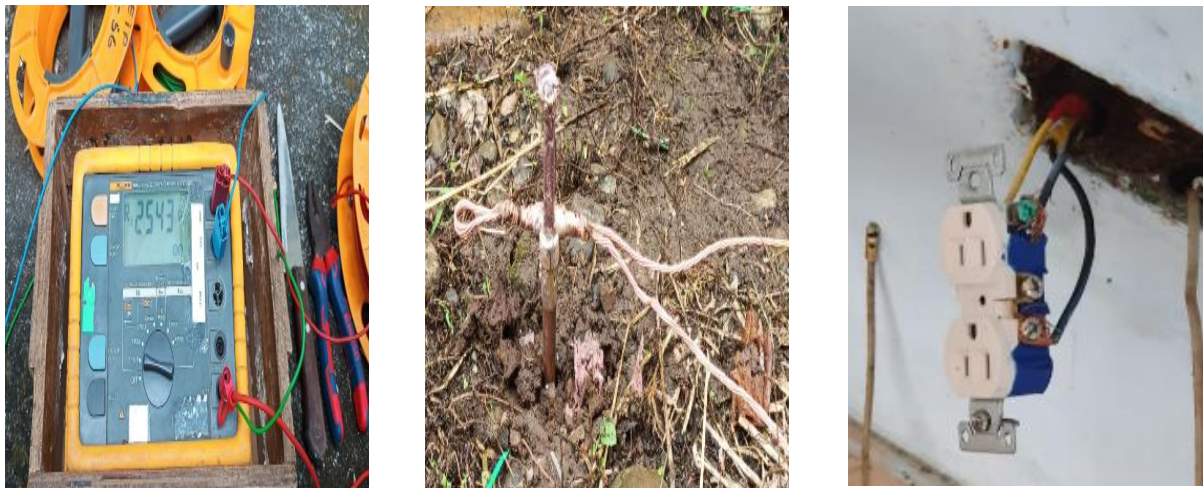


Figura 20.- Conexión a tierra SPT.

3.3.10 Cuadro de cargas

Se realiza toma de parámetros eléctricos dentro de las instalaciones de la escuela, lo cual revela el número de luminarias y tomacorrientes que actúan en la instalación eléctrica del establecimiento asignado a cada circuito de cada aula, igualmente se indica la potencia, corriente, calibre, tipo de tubería y el voltaje medido a las horas con carga nominal.

Según la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC, menciona que si existen equipos electrónicos que no operan por mucho tiempo, cada salida de tomacorriente debe ser considerado una carga de 200 W. (NEC, 2018)

Tabla 19.- Cuadro de carga de tomacorrientes.

N°	PROTECCIÓN N (A)	CALIBRE (AWG)	TUBERÍA A PVC (IN)	TOMACORRIENTE S	VOLTAJE E (V)	CORRIENTE E (I)	POTENCIA A (W)
1	1P-30	2X12 + 1X12	3/4	8	118,3	13,525	1600
2	1P-30	2X12 + 1X12	3/4	8	118,3	13,525	1600
3	1P-30	2X12 + 1X12	3/4	8	118,3	13,525	1600
4	1P-30	2X12 + 1X12	3/4	8	118,3	13,525	1600
5	1P-30	2X12 + 1X12	3/4	8	118,3	13,525	1600
6	1P-30	2X12 + 1X12	3/4	8	118,3	13,525	1600
7	1P-30	2X12 + 1X12	3/4	8	118,3	13,525	1600
8	1P-30	2X12 + 1X12	3/4	8	118,3	13,525	1600
9	1P-30	2X12 + 1X12	3/4	8	118,3	13,525	1600
10	1P-30	2X12 + 1X12	3/4	8	118,3	13,525	1600
11	1P-30	2X12 + 1X12	3/4	8	118,3	13,525	1600
12	1P-30	2X12 + 1X12	3/4	4	118,3	6,762	800
13	1P-30	2X12 + 1X12	3/4	8	118,3	13,525	1600
CARGA INSTALADA						169,062	20000

Tabla 20.-Cuadro de carga de luces.

N°	PROTECCIÓN N (A)	CALIBRE E (AWG)	TUBERÍA A PVC (IN)	FOCOS LED (40 W)	TUBOS LED (9 W)	VOLTAJE E (V)	CORRIENTE E (I)	POTENCIA A (W)
1	1P-10	2X14	1/2	6		118,3	2,029	240

2	1P-10	2X14	1/2	6		118,3	2,029	240
3	1P-10	2X14	1/2	6		118,3	2,029	240
4	1P-10	2X14	1/2	6		118,3	2,029	240
5	1P-10	2X14	1/2	6		118,3	2,029	240
6	1P-10	2X14	1/2	6		118,3	2,029	240
7	1P-10	2X14	1/2	6		118,3	2,029	240
8	1P-10	2X14	1/2	6		118,3	2,029	240
9	1P-10	2X14	1/2	6		118,3	2,029	240
10	1P-10	2X14	1/2	4	4	118,3	2,333	276
11	1P-10	2X14	1/2	4		118,3	2,029	240
12	1P-10	2X14	1/2	2		118,3	2,029	240
13	1P-10	2X124	1/2	8		118,3	2,705	320
CARGA INSTALADA							27,354	3236

3.4 Rediseño

Una vez realizada la toma de parámetros eléctricos y condiciones de las instalaciones eléctricas de la escuela “TENIENTE HUGO ORTIZ GARCÉS”, se da inicio al rediseño e implementación del sistema eléctrico. El rediseño se basa con el cumplimiento de la Norma Ecuatoriana de Construcción para la actualización del nuevo diseño.

3.5 Rediseño de iluminación

La iluminación dentro de las aulas garantiza que los jóvenes estudiantes y profesores tenga la iluminación adecuada para que no afecte y forcé su visión, las diferentes áreas deben cumplir con la Norma Ecuatoriana de la construcción.

Para este rediseño se va a utilizar un software el cual nos va a permitir simular, calcular y determinar la iluminación adecuada para cada área.

3.5.1 Calculo de iluminación

El cálculo se va a realizar con apoyo de un software de simulación llamado DIALux, las aulas dentro de la unidad educativa son estandarizadas con una dimensión de 6 m de ancho por 9 m de largo, el nivel de iluminación requerido en las aulas según la norma NEC es de 500 lúmenes.

En la figura 21 se pueden observar los resultados obtenidos de la simulación a través del software.

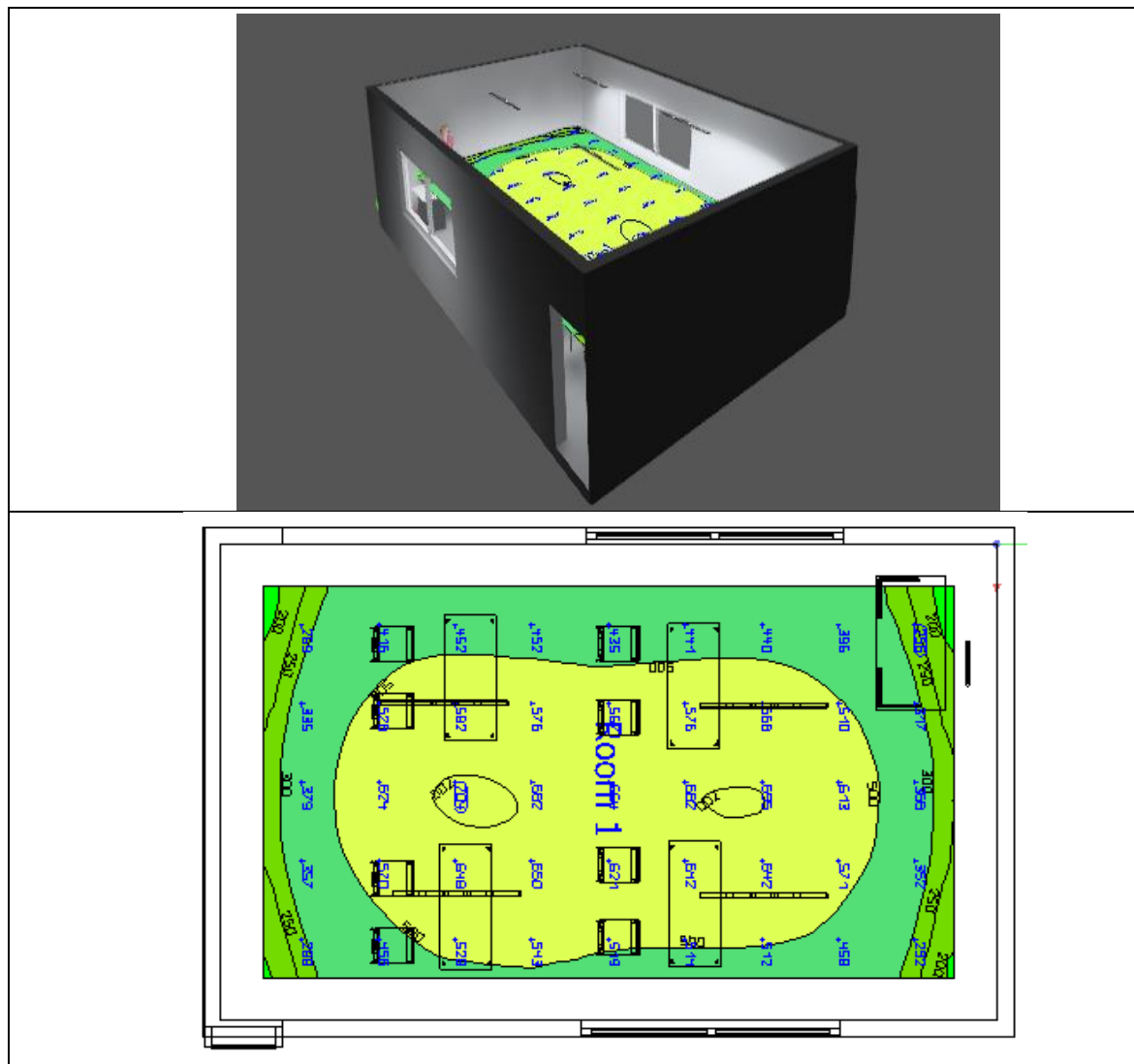


Figura 21.- Simulación de un aula en DIALux.

El resultado obtenido se pudo determinar que, si cumple con el requerimiento de mayor o igual a 500lx, a continuación, los resultados obtenidos.

Results

	Symbol	Calculated	Target	Check
Working plane	$E_{\text{perpendicular}}$	501 lx	≥ 500 lx	✓
Energy estimation ⁽²⁾	Consumption	[387.31 - 475.20] kWh/a	max. 1800 kWh/a	
Room	Lighting power density	3.75 W/m ²	-	
		0.75 W/m ² /100 lx	-	

Figura 22.- Resultados de simulación de un aula en DIALux.

3.5.2 Tipo de luminarias

Para este rediseño y cumpla con la norma NEC se usa luminarias de marca Philips que son comerciales en Ecuador, son lámparas LED de 48w a 120V (Anexo A), estas lámparas nos permiten obtener los 500 lúmenes requeridos para esta área de cada aula. En la figura 3.10 podemos observar las luminarias utilizadas.

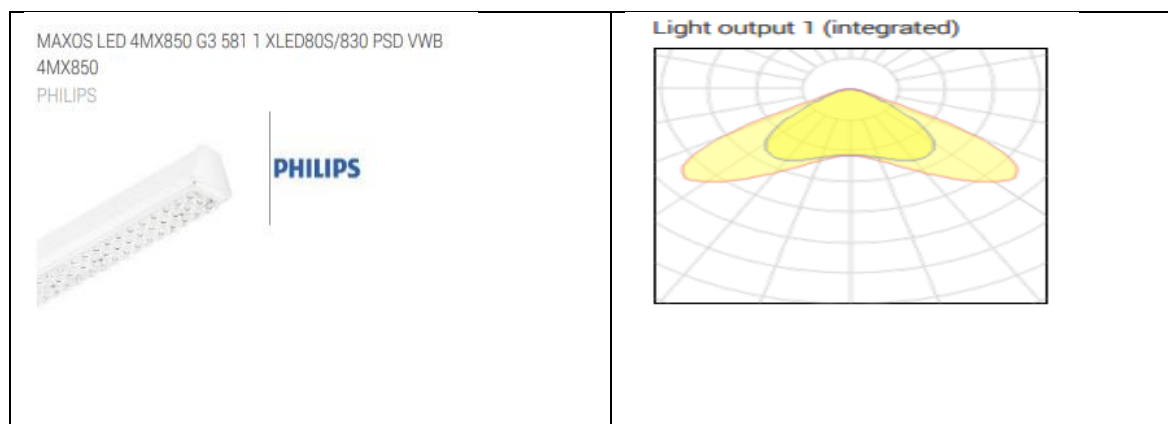


Figura 23.- Modelo de luminarias Philips.

3.5.3 Tabla de rediseño de iluminación

Se detalla en la tabla 3.4 el número de luminarias que deben ser colocadas en cada aula y oficinas del centro educativo, para que se iluminación mejore y cumpla con la norma NEC.

Tabla 21.- Diseño de iluminación.

REDISEÑO DE ILUMINACION					
NUMERO	AREA	LUMINARIAS			NUMERO DE LUMINARIAS
		TIPO	FLUJO LUMINOSO	POTENCIA	
9	Aulas	LED	7600 lm	48	36
1	laboratorio de computo	LED	7600 lm	48	4
1	Oficinas	LED	7600 lm	48	4

3.5.4 Total, de luminarias de rediseño

A continuación, se indica el número total de luminarias que se utilizó para el rediseño en la unidad educativa.

Tabla 22.- Total de luminarias.

REDISEÑO	
Numero de luminarias	Potencia total (W)
44	2112

3.6 Rediseño de tomacorrientes

En la siguiente tabla 3.6 se detalla los tomacorrientes que se implementa en este rediseño, para los cálculos de acuerdo con la Normativa Ecuatoriana de Construcción se debe considerar de 200W para cada tomacorriente.

Tabla 23.- Tomacorrientes.

REDISEÑO DE TOMACORRIENTES			
NUMERO	AREA	NUMERO DE TOMACORRIENTES	POTENCIA (W)
9	Aulas	72	14400
1	laboratorio de computo	8	1600
1	Oficinas	8	1600
TOTAL		88	17600

3.7 Interruptores

Los interruptores se van a colocar en sitios de fácil manipulación y a la altura establecida por la Normativa Ecuatoriana de la Construcción que está comprendida entre 0,8 m y 1,4 m, deidad desde el piso. (NEC, 2018)

3.8 Conductores en circuitos de iluminación y tomacorrientes

En los circuitos de iluminación se va a utilizar conductores aislados tipo THHN con una sección mínima de $2,5 \text{ mm}^2$ (14 AWG) tanto para la fase como para el neutro.

Para los circuitos de tomacorrientes se va a utilizar conductores aislados tipo THHN con una sección mínima de 4 mm^2 (12 AWG) tanto para la fase como para el neutro. (NEC, 2018).

3.9 Calculo de intensidad de los breakers termomagneticos

El cálculo de la intensidad de corriente se relaciona directamente con la protección de los circuitos eléctricos, asegurando que estos dispositivos interrumpan el flujo de corriente en caso de sobrecarga o cortocircuito. El cálculo se basará en lo que establece la norma NEC.

Para nuestro caso vamos a tomar como referencia el aula 1 con su tablero de distribución TD1 en la cual se va a manejar dos circuitos independientes, uno para iluminación y el otro para tomacorrientes.

En el TD1 consta de 8 salidas de 200W, factor de potencia 0.85 y el voltaje de 118.33V.

$$P_T = 1600 \text{ W}$$

$$P = V * I * \cos(\varphi) \quad \text{Ecuación 6.}$$

Donde:

I = Intensidad

V = Voltaje

P = Potencia activa

$$I = \frac{1600 \text{ watts}}{(118.3 \text{ Volts}) * (0.85)}$$

$$I = 14,82 \text{ A}$$

Dimensionamiento del breaker termomagnético I_D .

$$I_D = 14.82 * 125\% = 17.85 \text{ A}$$

La norma NEC menciona que el calibre del cable eléctrico tiene soportar por lo menos el 125 % del valor de la corriente de la protección del circuito, en nuestro cálculo para el rediseño cumple con lo establecido por la Norma NEC.

Cabe mencionar que el breaker termomagnético protege al conductor.

A continuación, en la Tabla 24 se indica la intensidad nominal de protección de los breakers termomagnético para cada uno de los circuitos de tomacorrientes e iluminación.

Tabla 24.- Protecciones Térmicas de los circuitos.

BREAKERS TERMOMAGNETICOS					
AULAS		LABORATORIO		OFICINAS	
ILUMINACION	TOMACORRIENTES	ILUMINACION	TOMACORRIENTES	ILUMINACION	TOMACORRIENTES
1P-15	1P-20	1P-15	1P-20	1P-15	1P-20

3.10 Cálculo de número de conductores en tubo conduit

El cálculo del número de conductores que se pueden colocar en un tubo conduit es esencial para garantizar la seguridad y eficiencia del sistema eléctrico. Este cálculo se basa en el tamaño del tubo, el calibre de los conductores y la NEC. A continuación, se describen los pasos para realizar este cálculo.

$$F = \frac{S}{A} \quad \text{Ecuación 7.}$$

Donde:

F = Factor de relleno

S = Área total de los conductores

A = Área del espacio interior del tubo

En las siguientes tablas se muestra los datos de área transversal y el factor de relleno para realizar el cálculo de número de conductores en tubería conduit.

Tabla 25.- Área de conductores (Electrocables, 2022)

CONDUCTORES	
CALIBRE (AWG O KCMIL)	SECCION TRANSVERSAL (mm2)
14	2,08
12	3,31
10	5,261
8	8,37

Tabla 26.- Factor de relleno para conductores.

PORCENTAJE	FACTOR DE RELLENO
53%	Para un conductor
31%	Par dos conductores
40%	Para mas de dos conductores

A continuación, se realiza el cálculo del área total de los conductores, esto permite determinar el espacio que ocupara los cables eléctricos dentro de la tubería. Se tomará como referencia el

aula TD1, el cual alberga dos conductores calibre # 14, dos conductores calibre # 12 y un conductor # 10. (Mavink)

$$S = (2 * 2.08) + (2 * 3.31) + (1 * 5.261)$$

$$S = 16.041 \text{ mm}^2$$

$$F = \frac{16.041 \text{ mm}^2}{40\%}$$

$$F = 40.10 \text{ mm}^2$$

De acuerdo con la tabla en el Anexo B, para este caso la tubería será de 1/2 pulgada para dos conductores # 14 THHN, dos conductores # 12 THHN y un conductor # 10 THHN.

3.11 Cálculo de caída de voltaje

El cálculo de la caída de voltaje en un circuito eléctrico es fundamental para garantizar que los dispositivos reciban el voltaje adecuado para funcionar correctamente. Una caída excesiva de voltaje puede resultar en un rendimiento ineficiente y posible daño a los equipos.

La caída de voltaje en conductores que son destinados a iluminación y tomacorrientes no deben superar los valores del 3 % que menciona la Norma NEC.

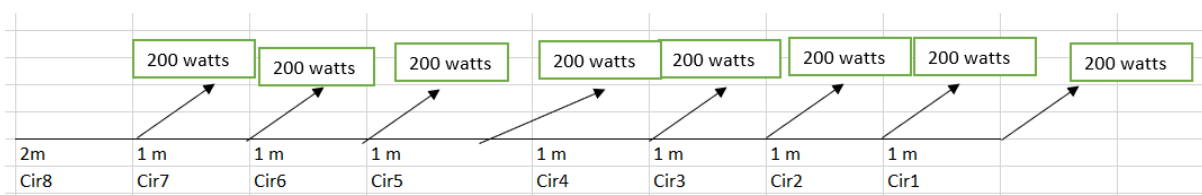


Figura 24.- Diagrama de tomacorrientes de cada aula.

Datos para el cálculo:

V= 118.3 Volt

FP= 0.85

L= 1 m

P= 200 Watts

Se procede a realizar el cálculo de la caída de voltaje de cada ramal de cada aula de tomacorrientes. Para ello se presenta el diagrama de cómo están distribuidos cada

tomacorriente en con su respectiva distancia de cada uno. Esto se puede apreciar en la figura 23. A continuación se presenta el calculo del cir1 para calcular la corriente y el porcentaje de caída de voltaje.

$$i = \frac{200 \text{ watts}}{(118.3 \text{ volts}) * (0.85)} = 1.98 \text{ A}$$

Conductor para el circuito es el AWG # 12, cuya resistencia es de 0.00531 ohm/m.

$$Res = \frac{0.00531 \text{ ohm}}{m} * 1m = 0.00531 \text{ ohm.}$$

$$V = (0.00531 \text{ ohm}) * (1.98 \text{ A}) = 0.010 \text{ Volts}$$

$$\%V = \frac{0.010 \text{ Volts}}{118.3 \text{ Volts}} * 100\% = 0.00892\%$$

A continuación, se presenta la siguiente tabla donde está el cálculo total de caída de voltaje y calculo de corrientes del ramal de la figura 23.

Tabla 27.- Calculo de corriente por tramo de la figura 4

Unidades	watts	Volt	Unidimensional	Ampere	
Circuito	Carga	Voltaje	Factor de potencia	Corriente	Conductor
Cir1	200	118,3	0,85	1,98896126	AWG #12
Cir2	200	118,3	0,85	3,97792253	AWG #12
Cir3	200	118,3	0,85	5,96688379	AWG #12
Cir4	200	118,3	0,85	7,95584506	AWG #12
Cir5	200	118,3	0,85	9,94480632	AWG #12
Cir6	200	118,3	0,85	11,9337676	AWG #12
Cir7	200	118,3	0,85	13,9227289	AWG #12
Cir8	200	118,3	0,85	15,9116901	AWG #12

A partir de la tabla 27 se realiza el cálculo de la caída de voltaje de cada uno de los tramos y se determinar la caída de voltaje total del ramal.

Tabla 28.- Calculo de la caída de voltaje de cada tramo y la caída de voltaje total

Unidades	ohm/m	m	ohm	Volt	%
Circuito	Resistencia	Distancia	Resistencia	Caída de voltaje	Caída de voltaje
Cir1	0,00531	1	0,00531	0,010561384	0,008927628
Cir2	0,00531	1	0,00531	0,021122769	0,017855257
Cir3	0,00531	1	0,00531	0,031684153	0,026782885
Cir4	0,00531	1	0,00531	0,042245537	0,035710513
Cir5	0,00531	1	0,00531	0,052806922	0,044638142
Cir6	0,00531	1	0,00531	0,063368306	0,05356577
Cir7	0,00531	1	0,00531	0,07392969	0,062493398
Cir8	0,00531	2	0,01062	0,168982149	0,142842053
%V total					0,392815647

Como Se puede observar en la tabla 28, se tiene el cálculo de la caída de voltaje en cada tramo de tomacorriente, y el porcentaje de caída de voltaje no supera el 0.5%, por lo que cumple con la norma.

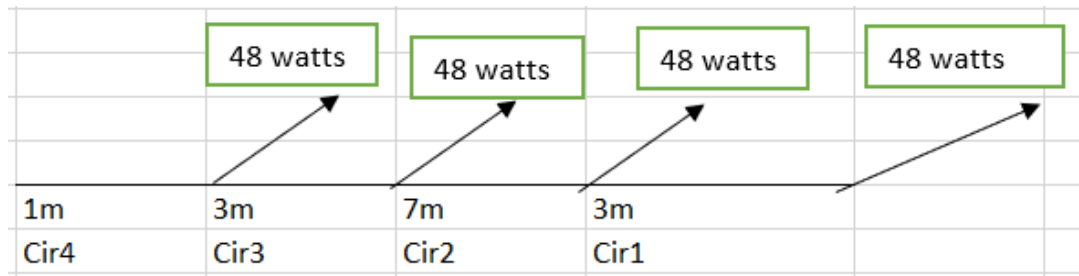


Figura 25.- Diagrama de iluminarias de cada aula.

Adicionalmente en cada una de las aulas, tiene la misma cantidad de tomacorrientes y la separación es la misma, por lo que la caída de voltaje es la misma. Lo mismo sucede con las oficinas. Como muestra en la figura 24.1





Figura. 26.-Adecuación de tomacorriente

3.12 Diseño de puesta a tierra

El diseño de un sistema de puesta a tierra es un proceso detallado que requiere evaluación del terreno, selección de electrodos adecuados, y cálculos precisos para asegurar que la resistencia de tierra sea adecuada. Siguiendo estos pasos, se puede diseñar un sistema de puesta a tierra que proteja tanto a las personas como a los equipos, asegurando la seguridad y confiabilidad del sistema eléctrico.



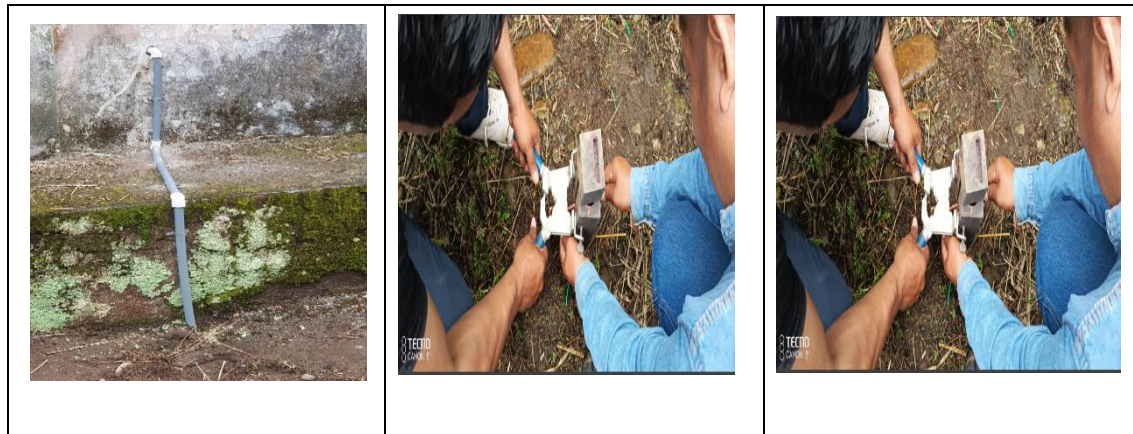


Figura 27.- Toma de parámetros iniciales

Según con la norma IEEE Std 142-2007, el valor de la resistencia del suelo debe ser menor a 5Ω para edificios e instalaciones grandes. (IEEE, 2007)

3.13 Cálculos para el diseño de puesta a tierra

El diseño de un sistema de puesta a tierra requiere una comprensión de los principios eléctricos, la resistividad del suelo y la correcta selección y disposición de los electrodos.

Para el cálculo es necesario utilizar fórmulas de la resistividad, que están establecidas en la norma IEEE Std 80-2013. El cual se determinará mediante la siguiente ecuación.

$$\rho = \frac{2\pi L_r R}{\ln\left(\frac{4L_r}{d}\right) - 1} \quad \text{Ecuación 9.}$$

Donde:

P = Resistividad

L_r = Longitud de la varilla

R = Resistencia medida

D = Diámetro de la varilla

$$\rho = \frac{2\pi * 0.1m * 461\Omega}{\ln\left(\frac{4 * 0.1m}{0.016m}\right) - 1}$$

$$\rho = 130 \Omega * m$$

Para reducir la resistencia en la malla a tierra se realiza el diseño con catorce electrodos, para ello deben estar colocados de tal manera que forman un cuadrado.

$$R_g = \rho \left[\frac{1}{L_T} + \frac{1}{\sqrt{20A}} \left(1 + \frac{1}{1+h\sqrt{\frac{20}{A}}} \right) \right] \quad \text{Ecuación 10.}$$

ρ = Resistividad = 130 $\Omega \cdot m$

L_T = longitud total del conductor = 200m

A = Área de la malla de puesta a tierra = 196m²

h = Profundidad de aterramiento = 0.5m

$$R_g = 1020.35 \left[\frac{1}{18} + \frac{1}{\sqrt{20 * 64}} \left(1 + \frac{1}{1 + 0.8\sqrt{\frac{20}{64}}} \right) \right]$$

$$R_g = 5 \Omega$$

Mediante los parámetros y con base a la ecuación 10, se determinó el valor de la resistencia de malla de puesta a tierra obteniendo un valor $R_g = 5 \Omega$, cumpliendo con la normativa IEEE Std 142-2007, donde el valor debe ser menor a los 5 ohmios.

CAPITULO IV

PRUEBAS, RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Análisis de resultados

Durante la inspección inicial nos encontramos con las instalaciones eléctricas en estados muy deteriorados, sin chaquetas los cables, una mala conexión a tierra, alto consumo de energía por el uso de fluorescentes.

Una vez levantada la información con instrumentos de medida como son multímetros y telurómetros, se tuvo a detalle la situación actual de las instalaciones, es así como, aplicando nuestro conocimiento adquirido durante nuestra etapa estudiantil, se realizó un rediseño ajustándonos a la norma NEC vigente en nuestro país.

Donde para obtener los resultados, se utilizó algunos softwares como DIALux, Telurómetro el DIALux se utilizó para determinar que, si cumple con el requerimiento de mayor e igual a 500lx. Con un resultado

$$R_g = 0.75W/m^2/100\ lx.$$

De la misma manera se utilizó el Telurómetro donde nos indica la norma IEEE Std 142-2007, que dependiendo la tensión o los modelos de equipos instalados la malla a puesta a tierra debe cumplir la normativa. Como resultado de valor de resistencia es $R_g = 5\Omega$, que se encuentra dentro de la normativa que es menor de 0.5 ohmios.

Tabla 29.- Resumen rediseño eléctrico.

RESUMEN DEL REDISEÑO						
CABLE			BREAKERS TERMOMAGNETICOS		TUBO CONDUIT	
ILUMINACIÓN	TOMACORRIENTES	TIERRA	ILUMINACIÓN	TOMACORRIENTES	ILUMINACIÓN	TOMACORRIENTES
14 AWG	12 AWG	10 AWG	15 A	20 A	1/2 PULGADA	1/2 PULGADA

4.2 Costo de la implementación

Los materiales fueron comprados en un local comercial ubicado en Quito en el sector la Basílica en la cual ofertaban precios un poco más bajos que todas las casas comerciales.

Tabla 30.- Costo de implementación.

COSTO DE LA IMPLEMENTACIÓN				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO (C/U)	TOTAL
INTERRUPTOR SIMPLE	9	C/U	\$1,96	\$17,64
INTERRUPTOR DOBLE	1	C/U	\$2,35	\$2,35
CONMUTADOR DOBLE	2	C/U	\$3,90	\$7,80
BREAKER 1P-15	11	C/U	\$6,55	\$72,05
BREAKER 1P-20	11	C/U	\$13,50	\$148,50
CABLE COBRE 10 AWG	3	100 m	\$80,00	\$240,00
CABLE COBRE 12 AWG	5	100 m	\$52,42	\$262,10
CABLE COBRE 14 AWG	7	100 m	\$29,00	\$203,00
MANGUERA 1/2 PLG.	2	100 m	\$100,00	\$200,00
LUMINARIAS LED 48 W	44	C/U	\$16,35	\$719,40
VARILLAS COPPERWELD	14	C/U	\$10,59	\$148,26
CONDUCTOR 1/0 AWG	200	C/U	\$5,00	\$1.000,00
CONECTORES DE BRONCE	7	C/U	\$1,15	\$8,05
SOLDADURA EXOTERMICA	5	C/U	\$7,69	\$38,45
TOTAL				\$3.067,60

4.3 Adecuación de luminarias

Se realizo la modificación de luminarias, y la instalación de nuevas luminarias tal como se aprecia en la figura 26.

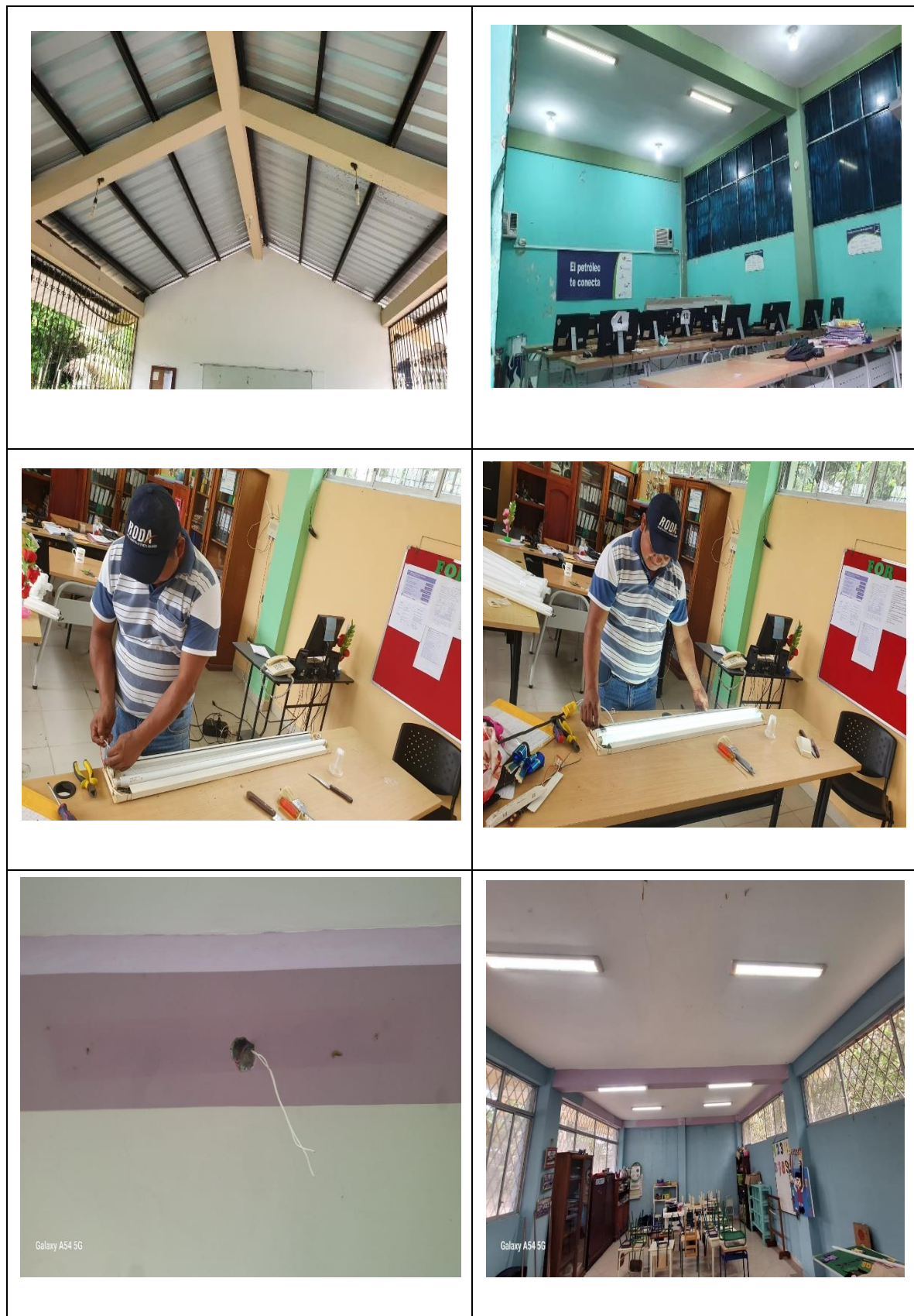


Figura 28.- adecuación de luminarias

En la figura 26 se puede evidenciar los resultados obtenidos después de realizar la instalación y adecuación de nuevas luminarias, Cumpliendo la normativa en cuanto a luminosidad.

4.4 Arreglo de acometida

En la figura 27 se aprecia el arreglo a la acometida, en donde se realizó una modificación en su disposición para que estéticamente se vea mejor.

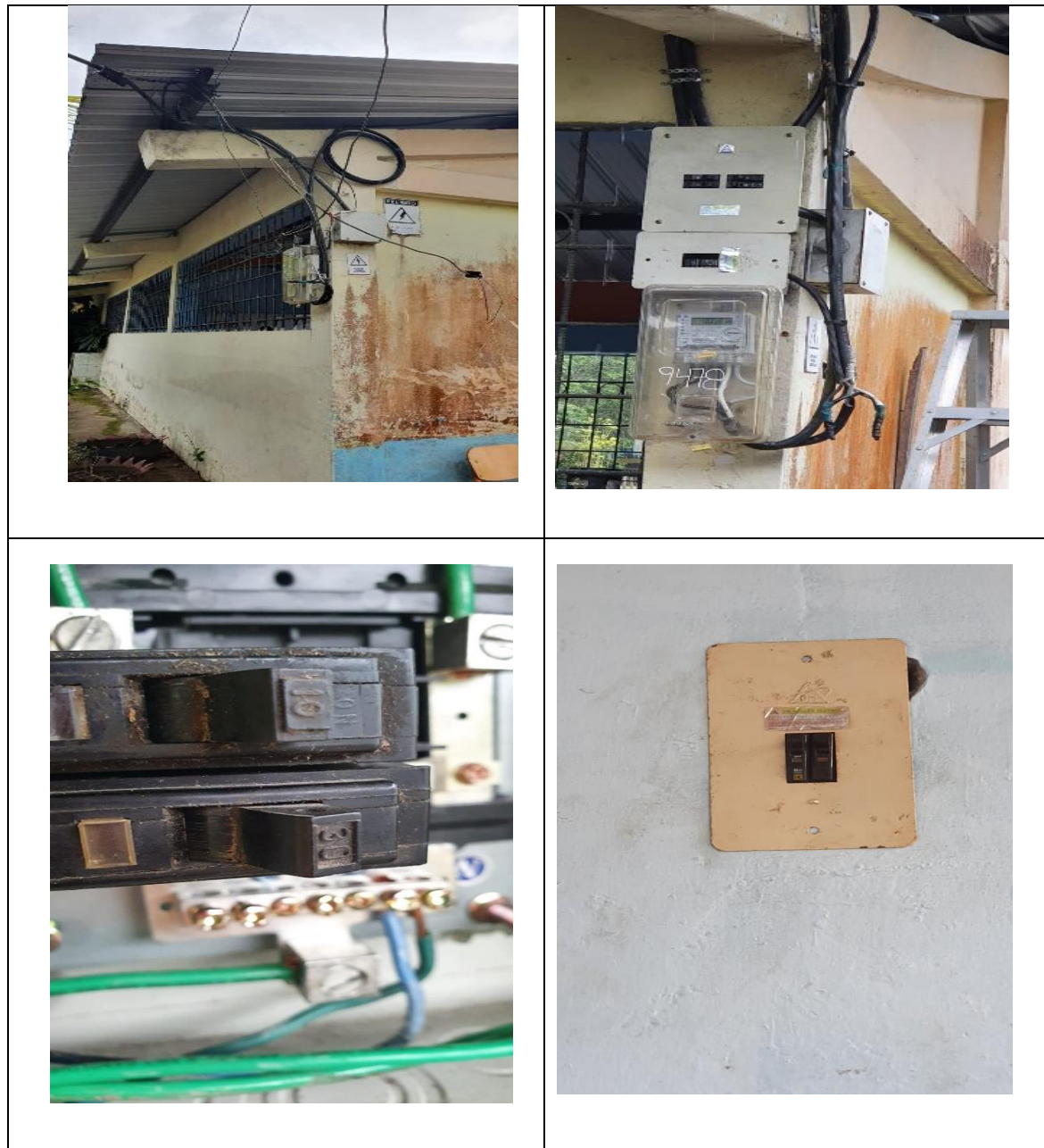


Figura 29.- Acometida

En la figura 27 se aprecia las modificaciones realizadas para que se tenga una mejor distribución de la acometida que va al medidor de energía. Esta modificación permite tener un mejor manejo del cableado de entrada y salida desde el medidor de energía y del tablero principal.

CONCLUSIONES

- El diseño actual de la unidad educativa “TENIENTE HUGO ORTIZ GARCÉS” no cumple con la normativa, poniendo en riesgo la integridad de las instalaciones y estudiantes, es así que con el nuevo rediseño planteado nos ajustamos a lo establecido por la Norma NEC garantizando así la seguridad de las instalaciones, docentes y estudiantes.
- Un sistema eléctrico modernizado es más eficiente energéticamente, lo que se traduce en una reducción en los costos de energía, por tal razón en este rediseño se contempló usar toda las instalaciones de iluminación LED.
- Las nuevas instalaciones eléctricas implementadas, nos van permiten soportar una mayor carga y ofrecen flexibilidad para futuras expansiones y cambios en la infraestructura dentro de la unidad educativa.
- El rediseño de las instalaciones eléctricas y su implementación dentro de la unidad educativa “TENIENTE HUGO ORTIZ GARCÉS” no solo mejora la seguridad y eficiencia, sino que también contribuye a un entorno educativo más adecuado y moderno, asegurando así un espacio de aprendizaje seguro, eficiente y sostenible.

RECOMENDACIONES

- Asegurarse de que el rediseño cumpla con los códigos eléctricos locales y nacionales, como el Código Eléctrico Nacional (NEC).
- Implementar un plan de mantenimiento preventivo para identificar y solucionar problemas antes de que causen fallos mayores, programando inspecciones periódicas y pruebas del sistema eléctrico.
- Sería importante realizar un sistema automatizado (Domótica) de todas las instalaciones eléctricas de la unidad educativa, con el fin de optimizar energía, mejorar la comodidad de los estudiantes y docentes, simplificando de esta manera el diario vivir de los que integran la unidad educativa.

BIBLIOGRAFIA

Arboledas, D. (2014). *Electricidad Basica*. Madrid: RA-MA S.A.

BALDERIX. (2024). *ENERGIZANDO.COM*. Obtenido de <https://www.ingenierizando.com/laboratorio/multimetro/#%C2%BFQue-es-un-multimetro>

CONEJO, A. (2007). *INSTALACIONES ELECTRICAS*. ESPAÑA: MACGRAW-HILL.

CONTRUCION, N. E. (ENERO de 2013). Obtenido de <https://www.ecp.ec/wp-content/uploads/2023/01/NECINSTALACIONESELECTROMECHANICAS2013.pdf>

ECUADOR, E. (s.f.). Obtenido de <https://www.escuelasecuador.com/>

Electrocables. (2022). Obtenido de <http://www.electrocable.com/uploads/catficha/catalogo-digital-electrocables-dic-2022.pdf>

IEEE. (07 de Junio de 2007). *IEEE Industry Applications Society*. Obtenido de https://hibp.ecse.rpi.edu/~connor/education/Fields/IEEEStd142_2007.pdf

Internacional, C. E. (2004). Obtenido de <https://es.scribd.com/document/423133827/NORMA-IEC-pdf>

Izquierdo, S. C. (2014). *Electritecnia: Instalaciones Electricas*. Valencia: Universidad Politecnica De Valencia.

Mavink. (s.f.). *Tabla de tubería electrica*. Obtenido de <https://mavink.com/post/E94D14836D83393C4C23C2BFBE7CC1CB02AM5EDCD>
B/tabla-de-tuberia-electrica

Moreno, J. Z. (s.f.). *Instalaciones Eléctricas Interiores*. Cano Pina.

NEC. (2018). *NORMATIVA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCION - INSTALACIONES ELECTRICAS*. En *NORMATIVA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCION - INSTALACIONES ELECTRICAS* (pág. 25). Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI).

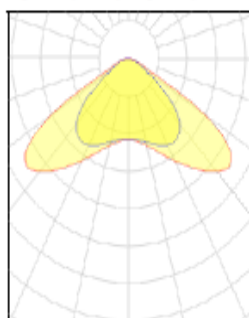
PARRA, M. I. (2018). *NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCION NEC*. Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI).

MAXOS LED 4MX850 G3 581 1 XLED80S/830 PSD VWB
4MX850
PHILIPS



Maxos LED Industry – innovative, flexible solution delivers ideal light output. Customers in the industrial and retail sectors are looking for general lighting solutions with a justifiable payback, while meeting all relevant norms for supermarkets and industry applications. For a limited investment, Maxos LED Industry offers best-in-class energy savings while delivering high lux levels at the required color temperatures and glare factors. The minimalist Maxos LED Industry system comprises exchangeable mid-power LED boards mounted on a standard Maxos trunking rail. A choice of wide and medium-beam lenses means flexibility in light distribution. Compared with a conventional fluorescent installation, this highly efficient LED solution offers full payback in less than three years. And the benefits keep coming: the use of our upgradable LED engine platform makes Maxos LED Industry a truly future-proof solution.

Light output 1 (integrated)



Lamp type	LED	CCT	3000 K
Nominal lamp power	48 W	CRI	80
Total flux	7600 lm	LOR	100%
Luminous efficacy	158 lm/W	Total power	48 W

Mounting mode

Ceiling mounted

Electric

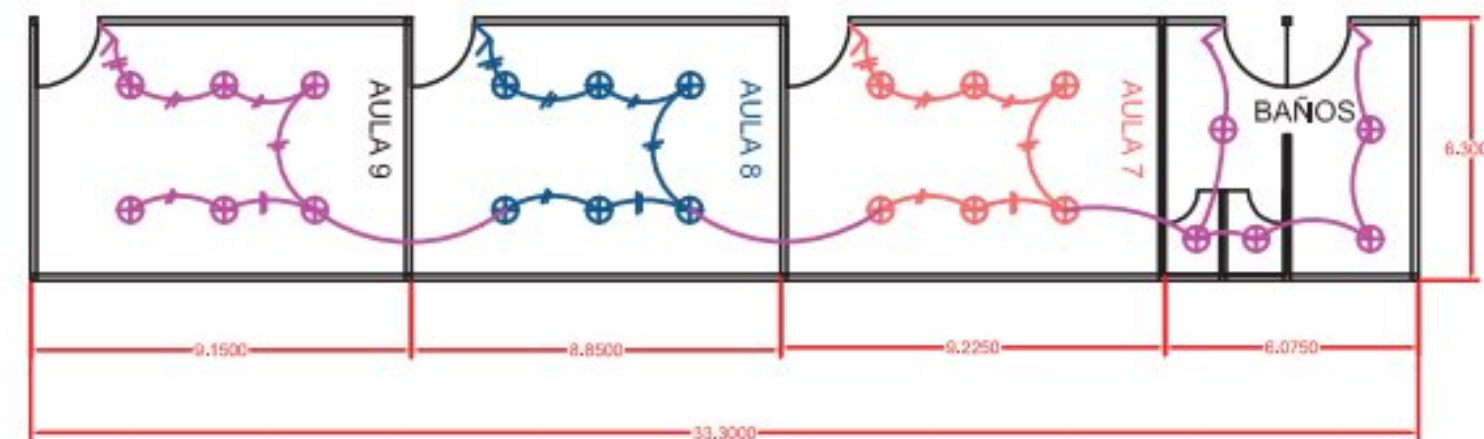
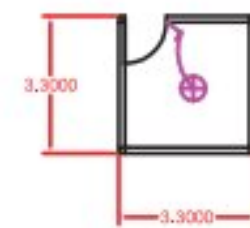
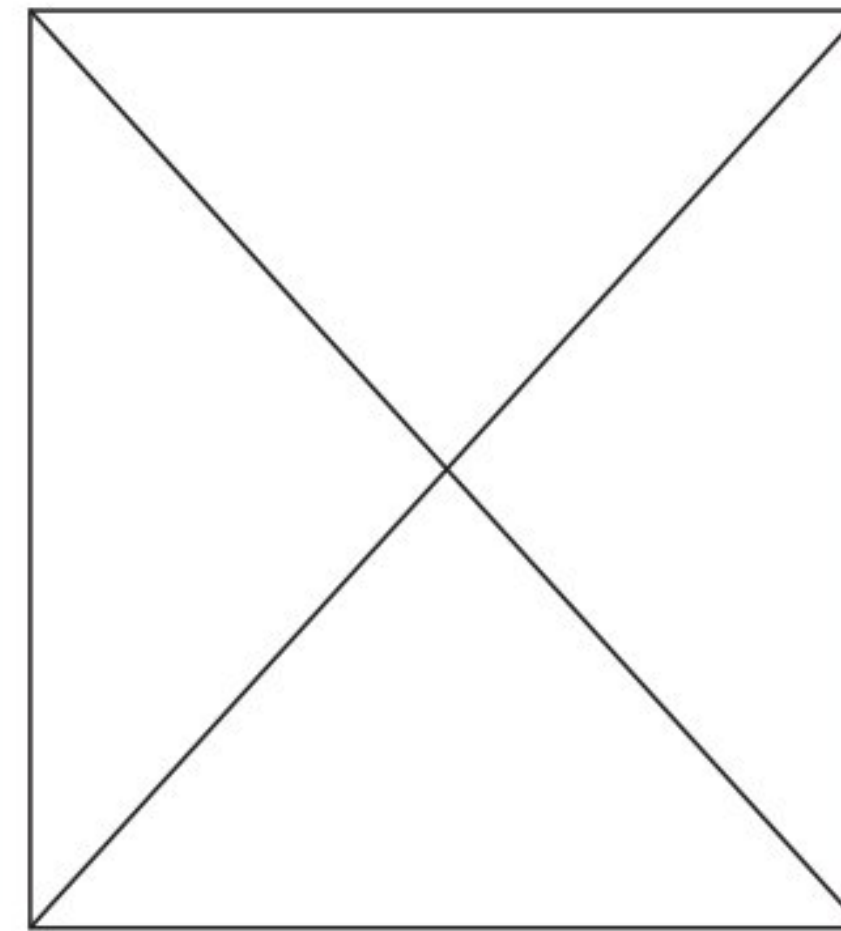
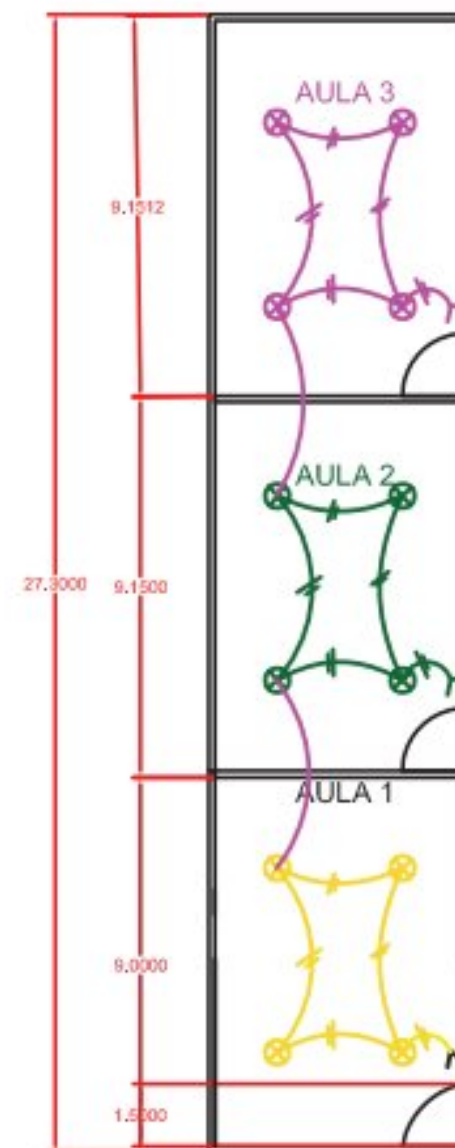
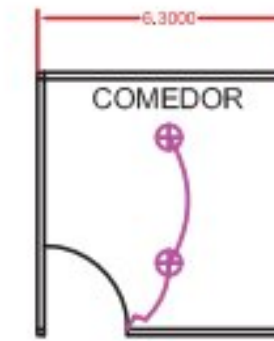
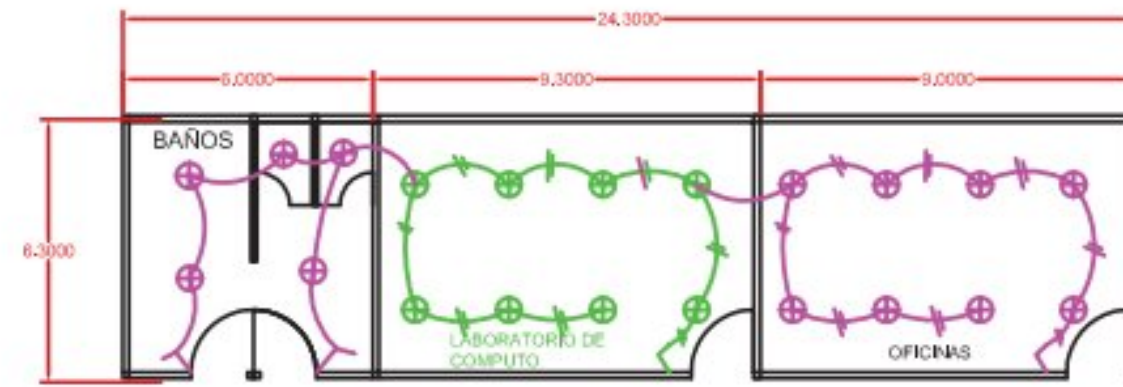
System power: 48 W

Shape and measurements

Length: 1478 mm

Width: 63 mm

ANEXO B			DIÁMETRO DE TUBO CONDUIT		2-2		
Tipo de aislamiento	Tamaño y calibre del cable (con aislamiento)		Diametro nominal de tubo conduit en mm				
	mm²	AWG kcmil	13 (1/2")	19 (3/4")	25 (1")	32 (1 1/4")	38 (1 1/2")
TW, THW, THHW, THW-2	9.51	14	6	12	21	34	48
	12.32	12	4	9	16	26	37
	16.40	10	3	7	12	20	28
	29.70	8	2	4	7	11	15
RHH, RHW, RHW-2	9.51	14	6	12	21	34	48
	12.32	12	4	9	16	26	37
	16.40	10	3	7	12	20	28
	29.70	8	2	4	7	11	15
RHH, RHW, RHW-2, TW, THW, THHW, THW-2	49.26	6	1	2	4	7	9
	65.61	4	1	2	3	5	7
	89.42	2	1	1	2	4	5
	143.99	1/0	-	1	1	2	3
	169.72	2/0	-	1	1	2	3
	201.06	3/0	-	1	1	2	2
	293.98	4/0	-	-	1	1	2
	298.65	250	-	-	1	1	2
	343.07	300	-	-	1	1	1
	430.05	400	-	-	-	1	1
	514.72	500	-	-	-	1	1

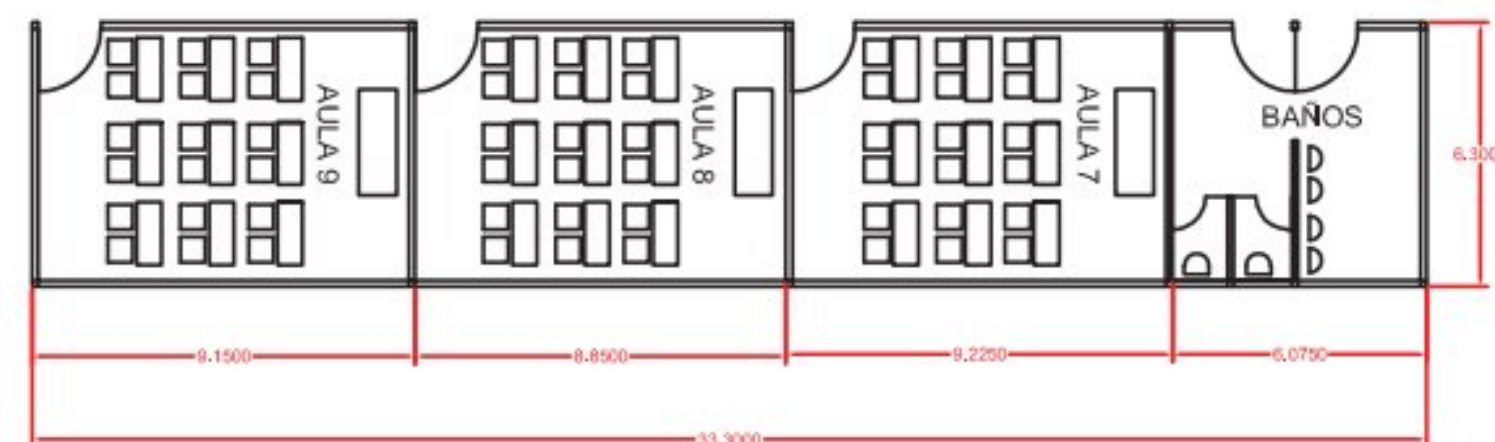
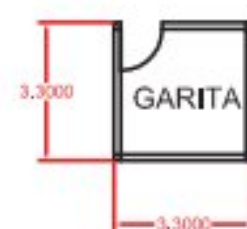
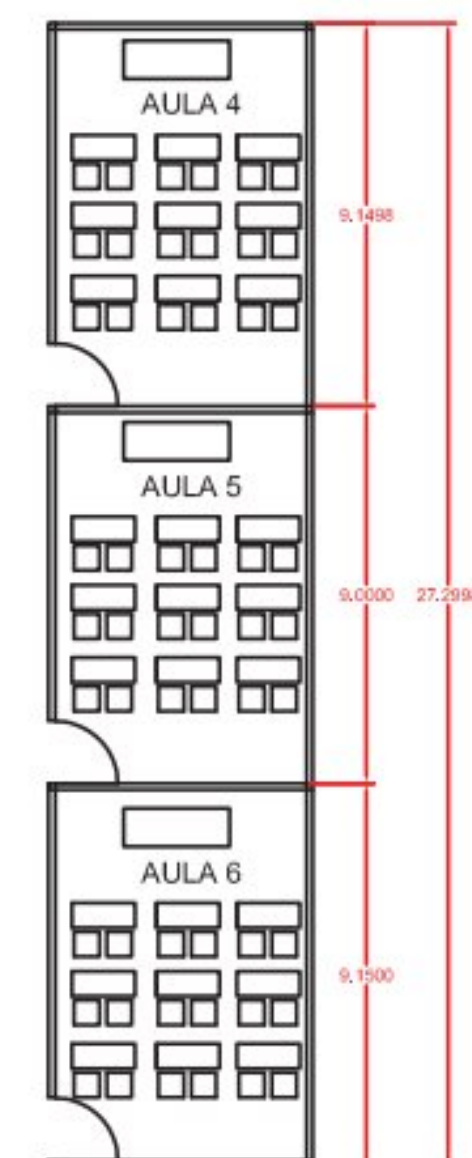
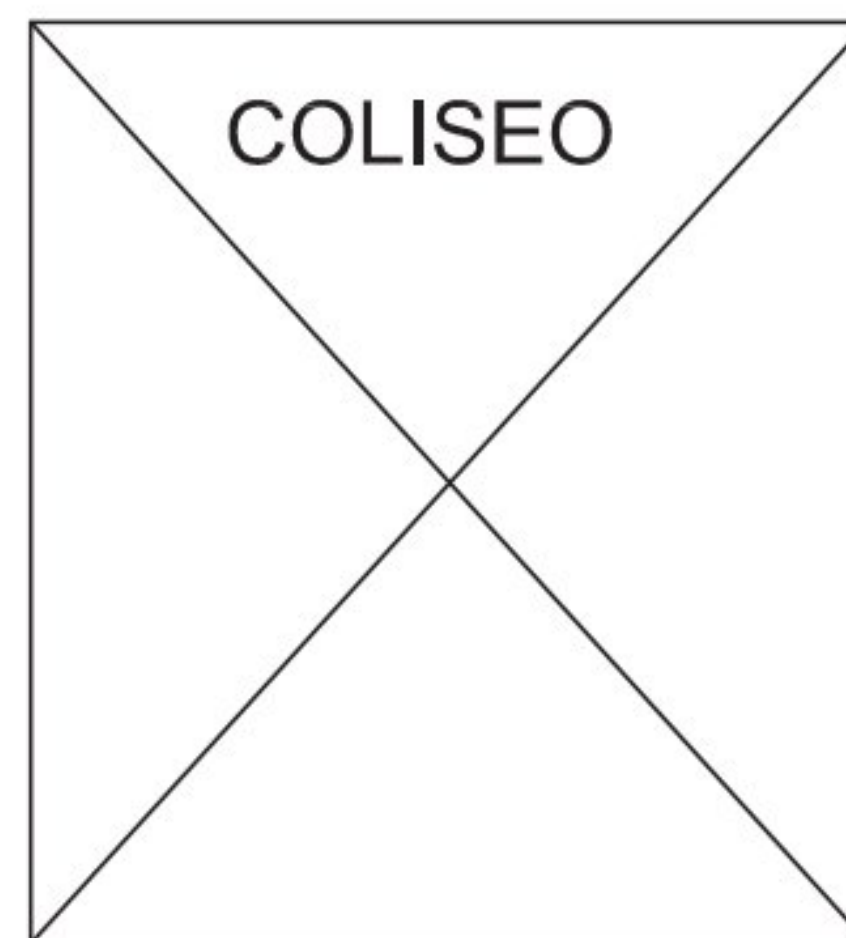
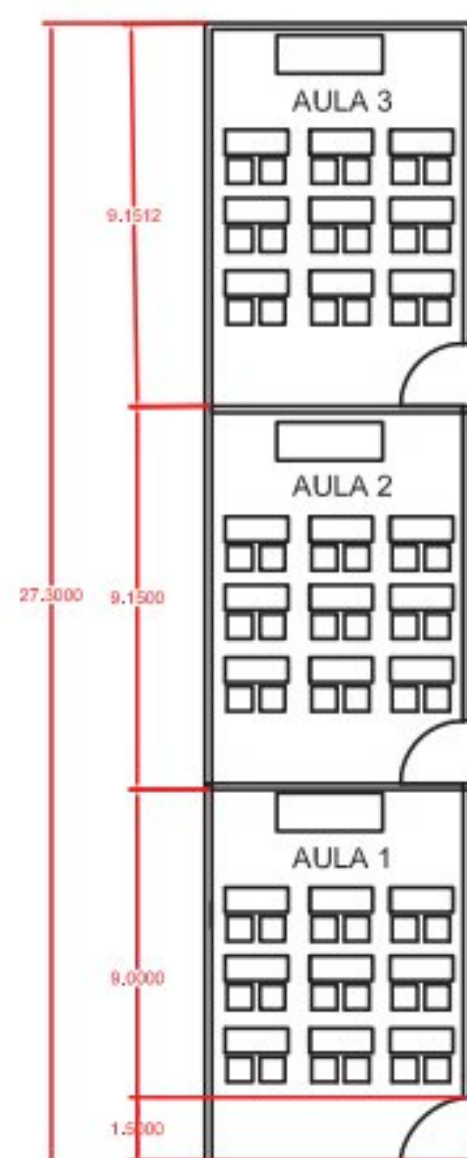


UNIDAD EDUCATIVA TNT. HUGO ORTIZ

PLANOS UNIFILAR

UNIVERSITARIO RUMIÑAHUI

NOMBRES: GERMAN BUSTAMANTE- AXELO JARAMILLO - FRANKLIN GALARZA

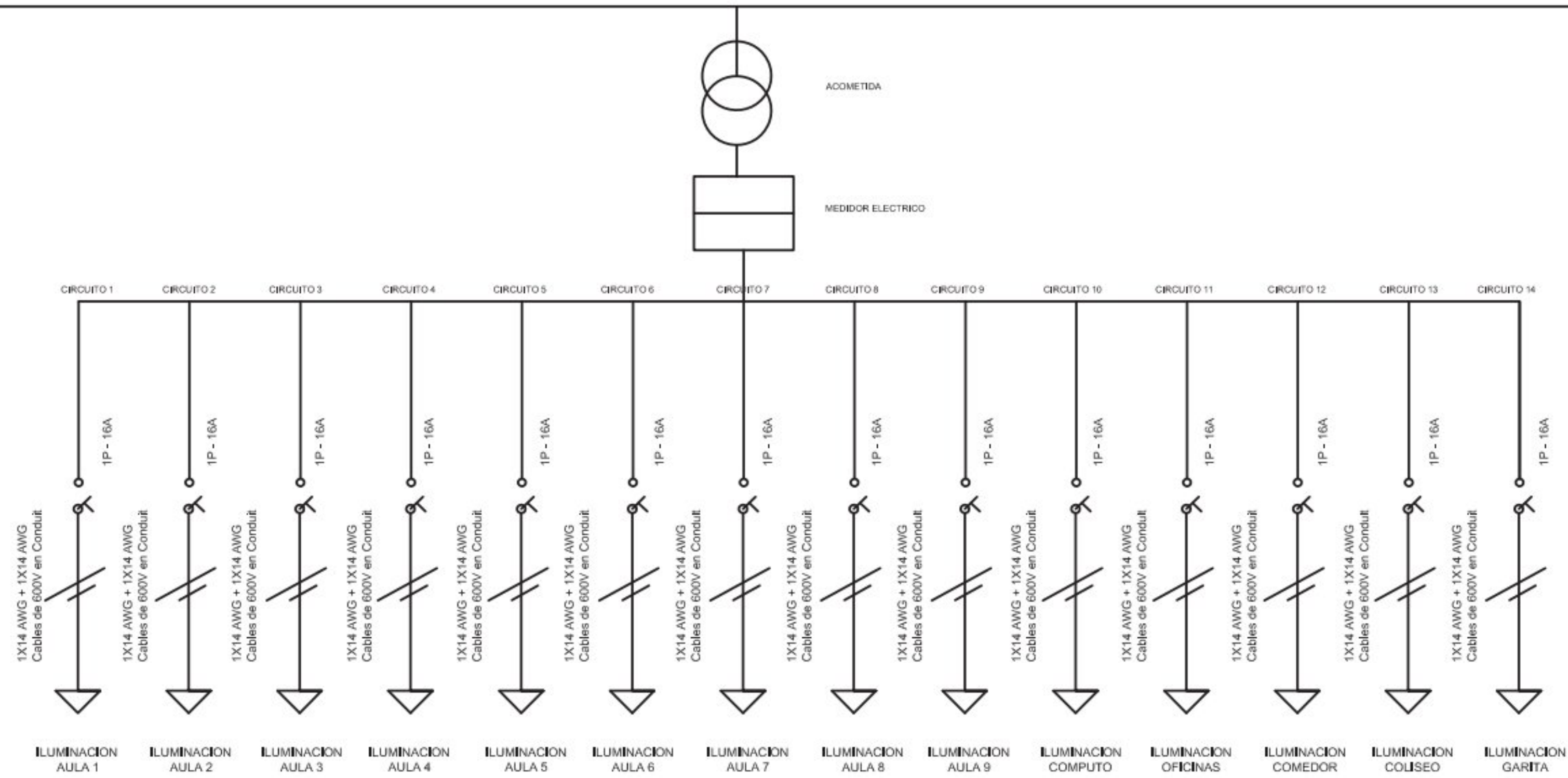


UNIDAD EDUCATIVA TNT. HUGO ORTIZ

PLANOS ARQUITECTONICOS

UNIVERSITARIO RUMIÑAHUI

NOMBRES: GERMAN BUSTAMANTE- AXELO JARAMILLO - FRANKLIN GALARZA



SIMBOLOGIA

INSTALACIONES ELECTRICAS

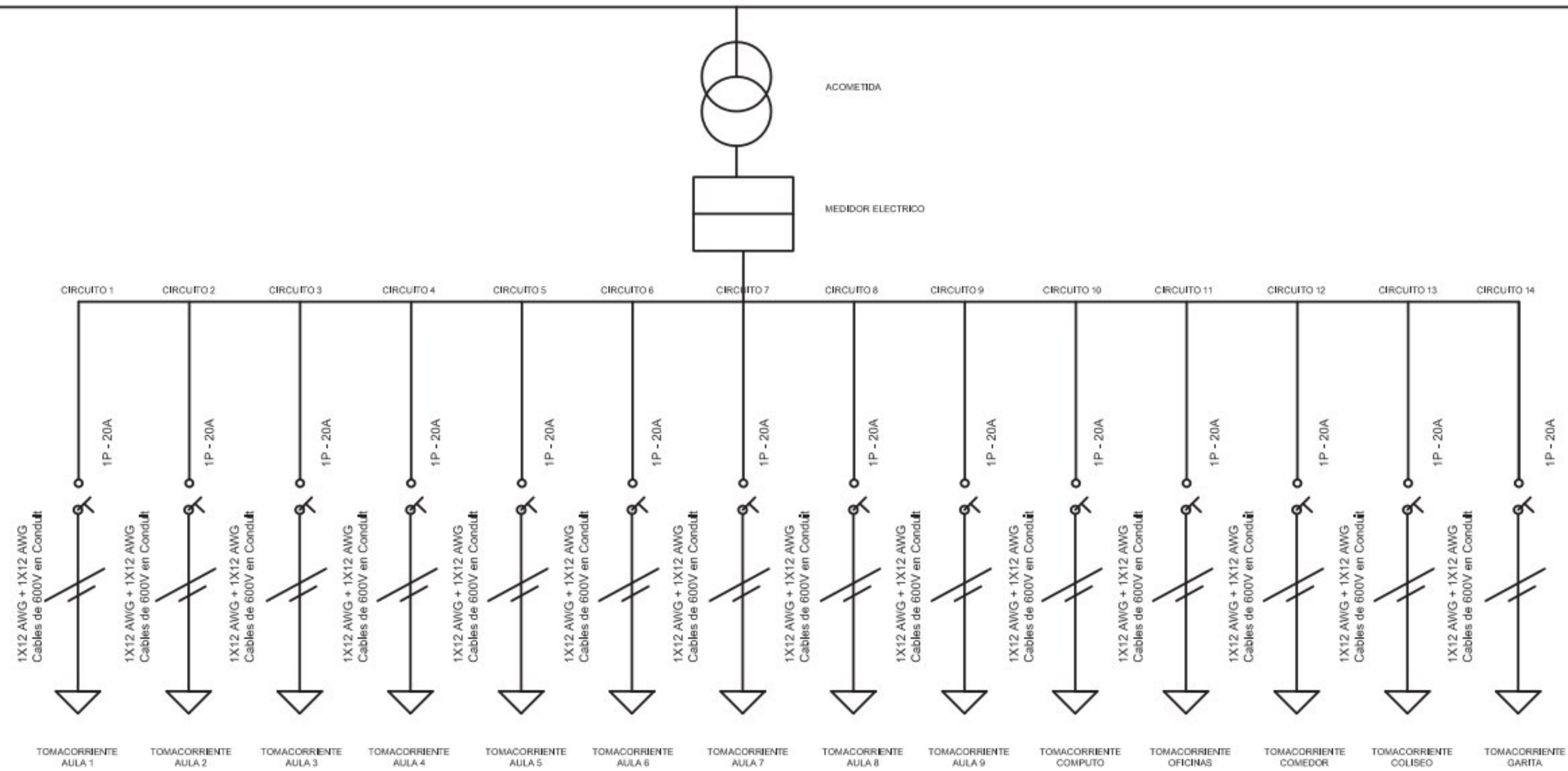
	MEDIDOR DE ENERGIA ELECTRICA
	TRANSFORMADOR MONOFASICO
	INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO

UNIDAD EDUCATIVA TNT. HUGO ORTIZ

PLANO UNIFILAR ILUMINACION

UNIVERSITARIO RUMIÑAHUI

NOMBRES: GERMAN BUSTAMANTE- AXELO JARAMILLO - FRANKLIN GALARZA



SIMBOLOGIA

INSTALACIONES ELECTRICAS

WK	MEDIDOR DE ENERGIA ELECTRICA
⊖	TRANSFORMADOR MONOFASICO
⊗	INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO

UNIDAD EDUCATIVA TNT. HUGO ORTIZ

PLANO UNIFILAR FUERZA

UNIVERSITARIO RUMIÑAHUI

NOMBRES: GERMAN BUSTAMANTE- AXELO JARAMILLO - FRANKLIN GALARZA