



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
EXTENSIÓN LA MANÁ

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA Y APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**“REDISEÑO Y ACONDICIONAMIENTO DEL SISTEMA ELÉCTRICO
DEL BLOQUE B EN LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
EXTENSIÓN LA MANÁ”**

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del título de Ingenieros
Electromecánicos

AUTORES:

Veloz Guerra Kaina Micaela

Yánez Ortega Kevin Alexander

TUTOR:

Ing. MSc. William Paul Pazuña Naranjo

LA MANÁ-ECUADOR
AGOSTO-2022

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros Veloz Guerra Kaina Micaela y Yánez Ortega Kevin Alexander, declaramos ser autores del presente proyecto de investigación: “REDISEÑO Y ACONDICIONAMIENTO DEL SISTEMA ELÉCTRICO DEL BLOQUE B EN LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI EXTENSIÓN LA MANÁ”, siendo Ing. MSc. Pazuña Naranjo William Paul, tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.



Veloz Guerra Kaina Micaela

C.I: 055031705-1



Yánez Ortega Kevin Alexander

C.I:172557203-4

AVAL DEL TUTOR DE PROYECTOS DE TITULACIÓN

En calidad de Tutora del trabajo de investigación sobre el título:

“REDISEÑO Y ACONDICIONAMIENTO DEL SISTEMA ELÉCTRICO DEL BLOQUE B EN LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI EXTENSIÓN LA MANÁ“ de Veloz Guerra Kaina Micaela y Yánez Ortega Kevin Alexander de la Carrera de Ingeniería Electromecánica, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aporte científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Honorable Consejo Académico de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas – CIYA de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

La Maná, agosto 2022



Ing. M.Sc. Pazuña Naranjo William Paul

C.I: 050333859-2

TUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente informe de investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas – CIYA por cuanto los postulantes Veloz Guerra Kaina Micaela y Yáñez Ortega Kevin Alexander con el título de Proyecto de Investigación: “REDISEÑO Y ACONDICIONAMIENTO DEL SISTEMA ELÉCTRICO DEL BLOQUE B EN LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI EXTENSIÓN LA MANÁ” han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

La Maná, agosto 2022

Para constancia firman:



M.Sc. Vásquez Carrera Paco
C.I: 050175876-7
LECTOR 1 (PRESIDENTE)



M.Sc. Corrales Bonilla Johnatan
C.I: 050314551-8
LECTOR 2 (MIEMBRO)



M.Sc. Alcocer Salazar Francisco
C.I: 050306679-7
LECTOR 2 (SECRETARIO)

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer primeramente a Dios por brindarme vida y salud, para poder culminar una etapa más en mi vida estudiantil, a mi madre Esther Guerra por inculcar en mí sus principios, valores y apoyándome incondicionalmente en cada meta propuesta. A mi compañero de vida Robinson Chevez por ser mi motor que me impulsa a seguir adelante y ser mejor persona, apoyándome en todo momento y por creer en mí para culminar esta etapa en mi vida. A mis hermanos por sus consejos que me han servido para ser una gran persona ética y moral.

Kaina

Agradezco a la Universidad Técnica Cotopaxi extensión La Mana por haberme dado la oportunidad de pertenecer a dicha universidad, de ante mano agrade a los ingenieros quienes fueron guías en nuestro camino, agradecer también al que fue en vida Master Ringo López ex rector de la Universidad por los consejos impartidos a comienzos de la carrera, Este logro va dedicado en primer lugar a mis padres , ellos fueron el motor y la ayuda que necesito en toda mi vida , ellos son los principales responsables que esto se lleve a cabo , ser un profesional ante la sociedad es netamente responsabilidad de mis padres en cuestión .

Kevin

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de tesis a Dios por darme fuerzas para poder seguir con mis metas.

A mi madre Esther Guerra por ser padre y madre en toda mi vida y ante las dificultades nunca nos dejó solos, nos educó con todo el amor del mundo gracias a su esfuerzo logre alcanzar esta meta.

A mi compañero de vida Robinson quien me brindo toda la paciencia y comprensión que necesitaba por ser mi pilar en todo momento, es mi motivación y mi ejemplo por seguir.

Kaina

Este logro va dedicado en primer lugar a mis padres, ellos fueron el motor y la ayuda que necesito y he necesitado en toda mi vida, ellos son los principales responsables que esto se lleve a cabo, ser un profesional ante la sociedad es netamente responsabilidad de mis padres en cuestión.

A mi familia quienes gracias a sus consejos de superación que me han impartido, de igual manera a mis amigos quienes nos emos apoyado para tener el valor de seguir luchando en la carrera.

Kevin

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TÍTULO: “REDISEÑO Y ACONDICIONAMIENTO DEL SISTEMA ELÉCTRICO DEL BLOQUE B EN LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI EXTENSIÓN LA MANÁ”

Autor:

Veloz Guerra Kaina Micaela

Yáñez Ortega Kevin Alexander

RESUMEN

Para el presente proyecto se realizó el estudio y el reacondicionamiento del sistema eléctrico de distribución en baja tensión del bloque B de la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná. En la infraestructura se evidencia un deterioro en cuanto al estado de sus sistemas eléctricos de distribución tanto de sus componentes físicos como tableros y conductores. Del mismo modo la falta de mantenimiento y registros de realización de estos mostraron la necesidad de realizar un estudio eléctrico y mediciones a su sistema que demuestre el estado de las instalaciones y la confiabilidad del suministro.

Con estos precedentes se procedió a detallar los componentes eléctricos presentes en la instalación, sus ubicaciones y disposición, con lo cual se realizó la actualización de los planos eléctricos de iluminación, fuerza y cargas especiales. En términos de los alimentadores principales y los tableros de distribución principales y secundarios se procedió a cambiarlos y reacondicionarlos aplicando la normativa ecuatoriana para la construcción de instalaciones eléctricas. Igualmente se realizó un acondicionamiento exterior al transformador de potencia y el etiquetado de los equipos eléctricos según diagramas unifilares y multifilares de la instalación también realizados.

Finalmente, se realizó medidas de los parámetros eléctricos importantes como son voltaje, corriente y frecuencia en puntos estratégicos de la instalación a fin de identificar problemas y soluciones en el sistema, que son mostradas en los resultados. Se obtuvo una mejora significativa en la distribución de los componentes eléctricos y en los valores de las mediciones eléctricas en los puntos estratégicos.

Palabras clave: sistema eléctrico, baja tensión, diagramas eléctricos, mediciones

ABSTRACT

In the project, the study and reconditioning of the low-voltage electrical distribution system of the facilities in the block B of the Technical University of Cotopaxi La Maná Extension was carried out. In the infrastructure, there is evidence of a deterioration in terms of the state of its electrical distribution systems, both in its physical components such as boards and conductors. In the same way, the lack of maintenance and performance records of these showed the need to carry out an electrical and measured study of its system that demonstrates the status of the quality and reliability of the supply.

With these precedents, we proceeded to detail the electrical components present in the installation, their rooms and layout, with which the electrical plans for elimination and strength were updated. In terms of the main feeders and the main and secondary distribution boards, they were changed and reconditioned applying the Ecuadorian regulations for the construction of electrical installations. Likewise, an external conditioning was carried out on the power transformer and the labeling of electrical equipment according to single-line and multi-line diagrams of the installation, also carried out.

Finally, measurements of important electrical parameters such as voltage, current and frequency were taken at strategic points of the installation to identify problems and solutions in the system, which are shown in the results. A significant improvement was obtained in the distribution of electrical components and in the values of the electrical measurements in the strategic points.

Keywords: electrical system, low voltage, electrical diagrams, measurements

ÍNDICE GENERAL

PORTADA.....	i
DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
AVAL DEL TUTOR DE PROYECTOS DE TITULACIÓN.....	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN.....	iv
AGRADECIMIENTO	v
DEDICATORIA.....	vi
ABSTRACT	viii
ÍNDICE GENERAL.....	ix
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS	xiv
ÍNDICE DE ANEXOS	xvi
1. INFORMACIÓN GENERAL	1
2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	2
3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	3
4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO	4
4.1. Beneficiarios Directos	4
4.2. Beneficiarios Indirectos	4
5. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	5
5.1. Planteamiento del problema	5
5.2. Delimitación del problema	5
6. OBJETIVOS.....	6
6.1. Objetivo General.....	6
6.2. Objetivos específicos.....	6
7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS PROPUESTAS CON LOS OBJETIVOS ESTABLECIDOS	7
8. FUNDAMENTACION CIENTIFÍCO TÉCNICA.....	8
8.1. Principios básicos de la electricidad.....	8
8.1.1. Electricidad.....	8
8.1.2. Características de la corriente eléctrica	9
8.1.3. Electricidad estática y dinámica	9
8.2. Ley de Ohm	11
8.3. Potencia Eléctrica	11

8.4.	Factor de Potencia	13
8.5.	Sistema de media tensión	14
8.5.1.	Instalación en media tensión.....	14
8.5.2.	Conductores eléctricos.....	15
8.5.3.	Aislamiento de conductores.....	15
8.5.3.1.	Selección de Conductores Eléctricos.....	16
8.5.3.2.	Selección del conductor en calibre	16
8.6.	Transformadores.....	18
8.6.1.	Características nominales de un transformador.....	18
8.6.2.	Transformador trifásico de distribución	19
8.7.	Protecciones eléctricas.....	20
8.7.1.	Pararrayo.....	21
8.7.2.	Aisladores	21
8.8.	Sistemas eléctricos de baja tensión.....	22
8.8.1.	Instalación en baja tensión.....	22
8.8.2.	Transformadores de distribución de baja tensión	22
8.8.3.	Equipos de protección	23
8.8.3.1.	Fusible	23
8.8.3.2.	Interruptor termomagnético.....	24
8.9.	Partes de un interruptor termomagnético.....	24
8.10.	Caída de Tención en Media Tensión y Baja Tensión	25
8.10.1.	Criterio de límite de caída de tensión	26
8.11.	Acometidas	27
8.11.1.	Acometidas en media tensión	27
8.11.2.	Acometidas en baja tensión	28
8.11.3.	Principales componentes finales del sistema eléctrico residencial.....	28
8.11.3.1.	Sistema de fuerzas	28
8.11.3.2	Sistemas de iluminación.....	29
8.11.4	Tableros de distribución	30
8.11.4.1	Componentes de un tablero eléctrico	31
8.11.4.2	Tipos de cuadros de distribución.....	32
8.11.5.	Sistema de puesta a tierra	33
8.11.6.	Normas para la instalación de puesta a tierra	34

8.11.7.	Esquema de conexión	35
8.11.7.1.	Calibre del conductor de puesta a tierra	35
8.12.	Tipos de instalaciones en un sistema eléctrico	36
8.12.1.	Instalación monofásica	36
8.12.2.	Instalación bifásica	36
8.12.3.	Instalación trifásica.....	36
8.12.4.	Normas de las instalaciones de interruptores y tomacorrientes.....	37
8.12.5.	Normas para instalaciones de tuberías y cajetines.....	38
8.12.6.	Normas para la instalación de conductores	40
8.12.7.	Centro de cargas	41
8.12.8.	Glosario de términos del trabajo.....	41
9.	METODOLOGÍAS Y DISEÑO EXPERIMENTAL	43
9.1.	Ubicación a ejecutar el proyecto	43
9.2.	Levantamiento de información del sistema eléctrico de distribución del edificio	44
9.2.1.	Recopilación de la información.....	44
9.3.	Descripción del sistema eléctrico	44
9.3.1.	Acometida eléctrica del edificio	44
9.3.1.1.	Acometida en media tensión.....	44
9.3.1.2.	Acometida en baja tensión.....	46
9.4.	Sistema de distribución del bloque B en BT (baja tensión)	46
9.4.1.	Descripción de los componentes del sistema de distribución en BT.....	46
9.4.1.1.	Disposición física de los componentes del sistema de distribución en BT	47
9.4.1.2.	Obtención de planos de la infraestructura	48
9.5.	Análisis del sistema del antiguo sistema eléctrico.....	48
9.5.1.	Análisis de tableros de distribución y alimentadores	48
9.5.2.	Análisis de mediciones en puntos de tomacorrientes y luminarias	51
9.5.3.	Análisis del sistema de puesta a tierra	52
9.5.4.	Análisis de Luminotecnia	53
9.6.	Implementación del sistema eléctrico nuevo y reacondicionado	54
9.6.1.	Dimensionamiento del alimentador principal de baja tensión.....	55
9.6.2.	Dimensionamiento del tablero de distribución principal.....	56
9.6.3.	Dimensionamiento del tablero de distribución 1 (Edificio)	57
9.6.4.	Dimensionamiento del tablero de distribución 2 (Laboratorio)	58

9.6.5. Comprobación de alimentadores secundarios	59
9.6.6. Comprobación de tomacorrientes y cables de circuitos de fuerza.....	60
9.7. Generación de planos eléctricos	60
9.8. De la disposición esquemática de los componentes	61
10. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....	62
10.1. Readecuación del transformador de potencia 50 KVA	62
10.2. Implementación del nuevo tablero principal de distribución	63
10.3. Reacondicionamiento de tablero de distribución secundario 1 (Edificio).....	64
10.4. Implementación del nuevo tablero secundario de distribución (laboratorios)	66
10.5. Mediciones para comprobación de mejoramiento del suministro eléctrico	66
11. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS).....	69
11.1. Impacto Técnico	69
11.2. Impacto social.....	69
11.3. Impacto ambiental	69
11.4. Impacto económico.....	69
12. PRESUPUESTO DEL PROYECTO.....	70
13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	71
13.1. Conclusiones.....	71
13.2. Recomendaciones	72
14. BIBLIOGRAFIA	73
15. ANEXOS	76

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Beneficiarios directos del proyecto	4
Tabla 2: Beneficiarios indirectos del proyecto	4
Tabla 3: Actividades y sistemas de tareas en relación con los objetivos.....	7
Tabla 4. Espacio de los conductores con AWG en calibre	16
Tabla 5. Espacio de los conductores con MCM en calibre.....	16
Tabla 6. Capacidad de corriente en conductores aislados NTE INEN 2345	17
Tabla 7: Tamaño de los guías de tierra para desagüe y equipos.....	35
Tabla 8: Número de conductores en función del tipo de caja.....	39
Tabla 9: Código de colores.	41
Tabla 10. Datos de placa del transformador 50 KVA.....	45
Tabla 11. Listado de observaciones físicas al antiguo sistema eléctrico	49
Tabla 12. Mediciones eléctricas en tableros eléctricos.....	51
Tabla 13. Mediciones eléctricas en tomacorrientes de aulas y aires acondicionados.....	52
Tabla 14. Mediciones de sistema de puesta a tierra.....	53
Tabla 15. Especificaciones técnicas para análisis de luminotecnia	53
Tabla 16. Presupuesto de la implementación del proyecto.....	70

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Principios de la Electricidad.....	8
Figura 2: Electricidad Estática.....	10
Figura 3: Electricidad Dinámica.....	10
Figura 4: Triangulo de Memoria de la Ley de OHM.....	11
Figura 5. Diagrama de la necesidad de potencia reactiva en una carga.....	14
Figura 6. Composición de los cables conductores eléctricos.....	15
Figura 7. Esquema y símbolo de un transformador para media tensión.....	19
Figura 8. Esquema de media tensión con el devanado primario y secundario	19
Figura 9. Transformador trifásico de distribución tipo PAD MOUNTED.....	20
Figura 10. Esquema de un pararrayo para media tensión.....	21
Figura 11. Esquema de un pararrayo para media tensión.....	22
Figura 12. Composición de un interruptor termomagnético.....	25
Figura 13. Ejemplo de acometida a un transformador de distribución.....	27
Figura 14. Componentes principales de un tablero eléctrico.....	31
Figura 15. Esquema de un sistema de conexión a tierra.....	33
Figura 16. Tipos de instalaciones en un sistema eléctrico.....	36
Figura 17. Centro de carga.....	41
Figura 18. Localización de infraestructura UTC Bloque B.....	43
Figura 19. Infraestructura física del Bloque B Extensión La Maná	43
Figura 20 Transformador principal de Potencia 50 KVA 13.8 KV/220V.....	45
Figura 21. Acometida y tablero de distribución antiguo	47
Figura 22. Equipos de medición Pinza Amperimétrica	50
Figura 24. Iluminación en base al espacio.....	53
Figura 25. Acometida eléctrica de baja tensión.....	56
Figura 26. Tablero eléctrico distribución principal TDP.....	57
Figura 27. Cambio de mandos y selectores	58
Figura 28. Tablero eléctrico acondicionado y redistribuido cargas.....	58
Figura 29. Diseño y colocación de tablero de distribución.....	59
Figura 30. Comprobación de conexiones de tomacorrientes y conductores de circuito.....	60
Figura 31. Proceso de reacondicionamiento de transformador.....	62
Figura 32. Transformador de potencia 50 KVA reacondicionado.....	63
Figura 33. Tablero con barraje y código de colores de acuerdo con normativa	63

Figura 34. Implementación de ductos de manguera para alimentar principal	64
Figura 35. Instalación antigua de cables alimentadores	64
Figura 36. Diagrama de tablero redistribución de alimentadores de piso	65
Figura 37. Mantenimiento de iluminación de cancha sintética	65
Figura 38. Implementación de tablero de distribución secundario laboratorios.....	66
Figura 39. Mediciones de corrientes en cada una de las fases a) Fase 1 b) Fase 2 c) Fase 3 ...	67
Figura 40. Mediciones de voltajes en tomacorriente aula 13	67
Figura 41. Mediciones de valores eléctricos con osciloscopio.....	68

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Evidencias fotográficas del desarrollo del proyecto	76
Anexo 2: Hoja de vida del tutor del proyecto de investigación.....	77
Anexo 3: Hoja de vida del estudiante investigador del proyecto	78
Anexo 4. Hoja de vida del estudiante investigador del proyecto.....	79
Anexo 5: Planos de los circuitos de iluminación.....	80
Anexo 6: Planos de circuitos de fuerza.....	84
Anexo 7: Planos de circuito de iluminación y fuerza del laboratorio.....	87
Anexo 8: Diagrama unifilar y multifilar del Edificio Bloque B	89
Anexo 9: Diagrama unifilar y multifilar de los Laboratorios del Bloque B.	90
Anexo 10: Materiales usados para la implementación del proyecto.	91
Anexo 11. Aval de traducción de idioma ingles.....	92
Anexo 12. Similitud de contenidos.....	93

1 INFORMACIÓN GENERAL

Título del Proyecto:

“Rediseño y Acondicionamiento del Sistema Eléctrico del Bloque B en la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión la Maná”

Tiempo de Ejecución**Fecha de inicio:**

Marzo del 2022

Fecha de finalización:

Septiembre del 2022

Lugar de ejecución:

Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná

Unidad académica que auspicia:

Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas
CIYA

Carrera que auspicia:

Ingeniería Electromecánica

Proyecto de investigación vinculado:

N/A

Equipo de trabajo

Ing. MSc. William Paul Pazuña Naranjo
Srta. Veloz Guerra Kaina Micaela
Sr. Yánez Ortega Kevin Alexander

Área de conocimiento:

Ingeniería, Industria y Construcción

Línea de investigación:

Instalaciones Eléctricas

Sub líneas de investigación de la carrera:

Diseño, construcción y mantenimiento de elementos, prototipos y sistemas electromecánicos

2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La infraestructura del bloque B, de la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná (UTC), está formada por aulas antiguas, un edificio recientemente construido, cancha sintética y laboratorios. Dentro de los problemas de la infraestructura se tiene que no se ha realizado mantenimiento al sistema eléctrico de distribución en baja tensión, tampoco se cuenta con información técnica actualizada en cuanto a planos eléctricos y mediante algunas mediciones en puntos estratégicos se refleja caídas de voltaje, desequilibrios y sulfatación de componentes.

Un problema importante y a menudo pasado por alto en los sistemas eléctricos es el peligro para el personal de mantenimiento técnico y personas en contacto con la infraestructura, partes visibles y físicas de la instalación eléctrica se encuentra expuesta a la intemperie, del mismo modo la falta de señalética recae en un riesgo para las personas.

Es probable también que los equipos y componentes eléctricos que son usados en la UTC Extensión La Maná en el bloque B como ventiladores, aires acondicionados, iluminación, computadores sufran daños por la mala calidad del suministro de electricidad.

Otro aspecto importante es que las instalaciones eléctricas no son las adecuadas para aceptar ampliaciones futuras. Muchos proyectos nuevos como la instalación de pararrayos, domótica en las aulas no se pueden implementar de una manera adecuada por la deficiencia técnica del estado de las instalaciones eléctricas y la falta de planos.

3 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Una adecuada y correcta instalación eléctrica en un edificio es fundamental; ya que el riesgo que se corre al descuidar cualquier aspecto puede resultar en riesgos a la seguridad de las personas que habitan en el lugar, daños en equipos eléctricos y por último pérdidas económicas para el dueño de la edificación.

Toda organización se esfuerza por tener un sistema eléctrico estable y seguro; un correcto dimensionamiento e implementación del sistema asegura una larga vida útil de los mismos, y la posibilidad de mejorar continuamente con el tiempo en términos tecnológicos.

La instalación eléctrica del Bloque B de la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná muestra un deterioro en cuanto al estado de sus sistemas eléctricos de distribución tanto de sus componentes físicos como tableros y conductores. Del mismo modo la falta de mantenimiento y registros de realización de estos muestran la necesidad de realizar un estudio eléctrico y mediciones a su sistema que demuestre el estado del suministro eléctrico.

Un estudio de las instalaciones eléctricas nos brinda información útil, precisa y veraz que nos permite ayudar a evaluar y resolver problemas en el sistema eléctrico mediante un reacondicionamiento; gracias a ello se pueden determinar parámetros que nos ayudarán a dar una visión de la integridad de las instalaciones, saber si el sistema puede aceptar ampliaciones o nuevas cargas, y tomar decisiones sobre los equipos a ser implementados o reacondicionados para mejora y ahorro de energía.

Con la realización de este proyecto se aborda la comprobación actual del estado del sistema eléctrico y se establece un diseño e implementación de alimentadores y tableros bajo normativa eléctrica.

4 BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

4.1 Beneficiarios Directos

Los beneficiarios directos del proyecto son las personas usuarias del bloque B de la UTC extensión la Maná.

Tabla 1: Beneficiarios directos del proyecto

Hombres	Mujeres	Total
350	150	500

Elaborado por: Veloz, K. & Yáñez, K. (2022).

4.2 Beneficiarios Indirectos

Los beneficiarios indirectos del proyecto son los estudiantes de la carrera de Ingeniería Electromecánica de la Extensión.

Tabla 2: Beneficiarios indirectos del proyecto

Hombres	Mujeres	Total
280	20	300

Elaborado por: Veloz, K. & Yáñez, K. (2022).

5 EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

5.1 Planteamiento del problema

La infraestructura del bloque B, de la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná (UTC), está formada por aulas antiguas, un edificio recientemente construido, cancha sintética y laboratorios. Dentro de los problemas de la infraestructura se tiene que no se ha realizado mantenimiento al sistema eléctrico de distribución en baja tensión, tampoco se cuenta con información técnica actualizada en cuanto a planos eléctricos y mediante algunas mediciones en puntos estratégicos se refleja caídas de voltaje, desequilibrios y sulfatación de componentes.

Un problema importante y a menudo pasado por alto en los sistemas eléctricos es el peligro para el personal de mantenimiento técnico y personas en contacto con la infraestructura, partes visibles y físicas de la instalación eléctrica se encuentra expuesta a la intemperie, del mismo modo la falta de señalética recae en un riesgo para las personas.

Es probable también que los equipos y componentes eléctricos que son usados en la UTC Extensión La Maná en el bloque B como ventiladores, aires acondicionados, iluminación, computadores sufran daños por la mala calidad del suministro de electricidad.

Otro aspecto importante es que las instalaciones eléctricas no son las adecuadas para aceptar ampliaciones futuras. Muchos proyectos nuevos como la instalación de pararrayos, domótica en las aulas no se pueden implementar de una manera adecuada por la deficiencia técnica del estado de las instalaciones eléctricas y la falta de planos.

5.2 Delimitación del problema

Área académica: Electromecánica

Línea de investigación: Instalaciones Eléctricas Industriales

Sublínea de investigación: Diseño, construcción y mantenimiento de elementos, prototipos y sistemas electromecánicos

Delimitación espacial: La presente investigación se desarrolló en el bloque B de la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná

Delimitación temporal: La presente investigación se desarrolló en los 6 meses posteriores a la aprobación del proyecto por parte del Honorable Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería CIYA.

6 OBJETIVOS

6.1 Objetivo General

Rediseñar el sistema de distribución eléctrica del Bloque B en la universidad técnica de Cotopaxi Extensión la Mana a fin de acondicionar los tableros eléctricos y componentes para mejorar el suministro eléctrico.

6.2 Objetivos específicos

- Identificar mediante inspecciones, observaciones y análisis todas las instalaciones eléctricas del Bloque B, enumerando las desviaciones que puedan ocurrir, utilizando como modelo la norma NEC y “NATSIM”.
- Actualizar los planos eléctricos mediante la revisión de cargas e información técnica de tableros eléctricos, conectores y transformadores, y espacios de generación.
- Reacondicionar las instalaciones eléctricas de distribución en baja tensión en el Bloque B para mejorar el suministro de electricidad en cada espacio.

7 ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS PROPUESTAS CON LOS OBJETIVOS ESTABLECIDOS

Tabla 3: Actividades y sistemas de tareas en relación con los objetivos

Objetivos	Actividades	Resultados de las actividades	Descripción (técnicas e instrumentos)
Identificar mediante inspecciones, observaciones y análisis todas las instalaciones eléctricas del Bloque B, enumerando las desviaciones que puedan ocurrir, utilizando como modelo la norma NEC y "NATSIM".	Revisión bibliográfica de las normativas de instalaciones eléctricas nacionales Levantamiento de información técnica en campo	Conocimiento del estado de las instalaciones eléctricas Definición de las partes, características del sistema eléctrico Mediciones eléctricas en puntos estratégicos del sistema eléctrico	Información bibliográfica Observación técnica Mediciones con instrumentos eléctricos, multímetro, voltímetro, amperímetro y osciloscopio, comprobadores de continuidad
Actualizar los planos eléctricos mediante la revisión de cargas e información técnica de tableros eléctricos, conectores y transformadores, y espacios de generación.	Realización de los planos eléctricos de las instalaciones Realización de cálculos para determinación del tamaño y capacidad de tableros	Implementación de los nuevos planos unifilares y multifilares del sistema eléctrico	Información bibliográfica Software de diseño eléctrico Autocad 2020
Reacondicionar las instalaciones eléctricas de distribución en baja tensión en el Bloque B para mejorar el suministro de electricidad en cada espacio.	Implementación de nuevos equipos y componentes del sistema eléctricos. Realización de pruebas, medidas y cumplimiento con normas eléctricas.	Equipos y los nuevos componentes instalados en el sistema propuesto. Resultados de comprobación del correcto funcionamiento.	Revisión de procedimientos y normas. Mediciones y validación de equipos.

Elaborado por: Veloz, K. y Yáñez, K. (2022).

8 FUNDAMENTACION CIENTIFICO TÉCNICA

Se realiza una breve revisión en diferentes repositorios digitales acerca de varios campos investigativos relacionados con el área de estudio de las instalaciones eléctricas, lo cual se aplica directamente en la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná en el bloque B, como trabajo de investigación previo al título de ingeniero electromecánicos.

8.1 Principios básicos de la electricidad

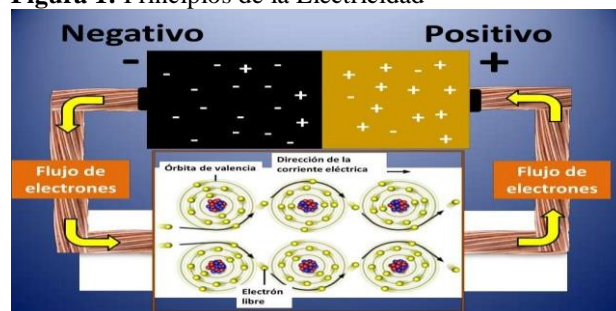
8.1.1 Electricidad

La electricidad es un insumo importante para la economía porque se utiliza en la producción de prácticamente todos los bienes o servicios, así como en las actividades cotidianas de todos. Con el desarrollo de la tecnología y el avance de los sistemas informáticos y de comunicación, la demanda de electricidad ha crecido rápidamente. Por lo tanto, el consumo de electricidad per cápita está directamente relacionado con el desarrollo económico (Rivero, B. 2011).

La electricidad es un conjunto de fenómenos físicos asociados a los efectos que producen las cargas eléctricas tanto en reposo como en movimiento. voltaje o fuerza electromotriz es la diferencia de carga eléctrica entre dos puntos de un circuito, es decir, provocada por una fuerza externa (invisible) para mover la carga de un punto a otro, y su medida será el voltio (Jaigua, 2017).

La electricidad se define como el movimiento de cargas eléctricas llamadas electrones que se desplazan de un punto a otro, ya sea por su deficiencia o exceso en un material lo cual lo podemos apreciar en la figura1 (Cunalata, 2021).

Figura 1: Principios de la Electricidad



Elaborado por: (Galvez, 2013).

8.1.2 Características de la corriente eléctrica

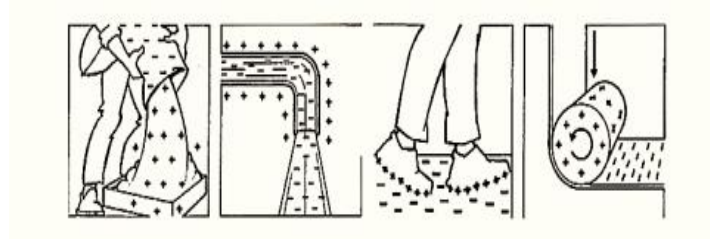
La corriente eléctrica tiene características que lo forman únicamente en varios semblantes:

- a) La demanda tiene variación de diferentes formas y no aleatoria en distancias de tiempo desiguales es decir puede ser en día, año o ciclo comercial (Brown del Rivero, 2011).
- b) No puede almacenarse económicamente, y su producción debe satisfacer la demanda casi al mismo tiempo que se consume en cada nodo de la red (Rivero, 2011).
- c) La instancia de electricidad no es muy flexible en el corto aplazamiento, y cuando la demanda logra su cabida, la oferta se vuelve muy inelástica. Como resultado, los precios al contado son altamente volátiles y vulnerables a la manipulación por parte de las fuerzas del mercado de los postores. Debido a que la demanda de electricidad puede cambiar de manera predecible e impredecible con el tiempo, es más probable que una empresa de servicios públicos satisfaga la demanda de los consumidores a una tarifa eficiente. (Brown del Rivero, 2011).
- d) El suministro de este bien debe ser continuo, sin interrupciones ni fluctuaciones en frecuencia y voltaje (Brown del Rivero, 2011).

8.1.3 Electricidad estática y dinámica

Los electrones son cargas negativas y son atraídos por las cargas positivas. Es decir, para que haya atracción debe haber una fuente deficiente en electrones que tengan carga positiva. Para que un material esté cargado eléctricamente, debe tener más electrones que protones o más protones que electrones. Recuerda que las cargas opuestas se atraen y las cargas iguales se repelen (Cunalata, 2021).

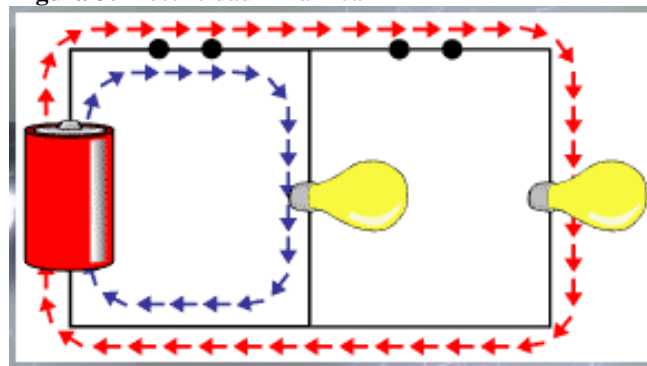
- **Electricidad estática:** La electricidad estática es la primera manera de electricidad producida por el fuerte y ya fue descrita por Tales de Mileto en dirección a el año 600 a.C., que la definió como un canon estacionario. Cuando los electrones viajan a través de un cuerpo y alcanzan el borde del propio, se genera electricidad lo cual lo podemos apreciar en la figura 2 (García, 2014).

Figura 2: Electricidad Estática

Elaborado por: (García, 2014).

- **Electricidad dinámica:** La electricidad dinámica consiste en cargas eléctricas en movimiento y crean la corriente eléctrica. Se manifiesta como una corriente eléctrica que se puede manipular para realizar una tarea Zapata (2021). Las características de la electricidad dinámica son:

- La electricidad dinámica consiste en cargas eléctricas en movimiento y produce una corriente eléctrica.
- Conservar el flujo de cargas solicita que los empleados ejecuten el encargo necesario para conservar en corriente continua.
- En el sistema internacional de unidades (SIU), la carga se calcula en culombios, abreviado C, y la electricidad se mide en culombios por segundo, en amperios, abreviado A. Una corriente de 1 amperio significa que el área de la sección transversal del conductor aumenta en 1 C por segundo a medida que pasa, como se muestra en la Figura 3 (Zapata, 2021).

Figura 3: Electricidad Dinámica

Fuente: (Zapata, 2021).

8.2 Ley de Ohm

La ley de Ohm establece que la corriente es proporcional al voltaje aplicado e inversamente proporcional a la resistencia del circuito. La expresión escrita por esta ley se puede representar mediante la siguiente ecuación algebraica como podemos observar en la ecuación 1:

$$I = \frac{V}{R} \quad (\text{Ecuación 1})$$

Donde:

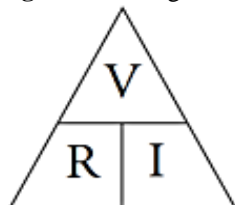
I= Corriente [A]

V=Voltaje [V]

R= Resistencia [Ω]

Para aclarar las ecuaciones de la ley de Ohm, se representa en el triángulo de memoria de la ley de OHM como podemos observar en la figura 4.

Figura 4: Triangulo de Memoria de la Ley de OHM



Fuente: (Cunalata, 2021).

Donde:

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

$$V = I \times R \quad (\text{Ecuación 3})$$

8.3 Potencia Eléctrica

La potencia eléctrica es la cantidad de energía consumida por una carga en un tiempo determinado, la unidad de medida de la potencia eléctrica es el vatio, esto equivale a un julio sobre segundos y se representa con la letra [W](Cunalata, 2021).

La acometividad eléctrica en cotidiano alterna es un ápice más complejo ya que no romanza hay una acometividad, fortuna que se divide en tres diferentes y estas son:

- a) **Potencia Activa (P):** La potencia eléctrica es la cantidad de energía consumida por una carga en un tiempo determinado, la unidad de medida de la potencia eléctrica es el vatio, esto equivale a un julio sobre segundos y se representa con la letra [W] (Cunalata, 2021).

$$P_{1\phi} = V \times I \times \cos\phi = S \times \cos\phi \rightarrow \text{monofásico} \quad (\text{Ecuación 4})$$

$$P_{3\phi} = \sqrt{3} \times V_{LL} \times I_L \times \cos\phi = \sqrt{3} \times S \times \cos\phi \rightarrow \text{Trifásico} \quad (\text{Ecuación 5})$$

Donde:

V= Voltaje [V]

S= Potencia Aparente [VA]

I= Corriente [A]

Cos φ = fp = Factor de Potencia

- b) **Potencia Reactiva (Q).** - Es la potencia perdida que consumen los motores, transformadores y todos los aparatos eléctricos que poseen algún tipo de bobina, su unidad de medida es volt-ampere reactivo (VAR) (Cunalata, 2021).

$$Q = V \times I \times \sin\phi = S \times \sin\phi \rightarrow \text{Monofásico} \quad (\text{Ecuación 6})$$

$$Q = \sqrt{3} \times V_{LL} \times I_L \times \sin\phi = 3 \times s \times \sin\phi \rightarrow \text{Trifásico} \quad (\text{Ecuación 7})$$

Donde:

V= Voltaje [V]

S= Potencia [W]

I= Corriente [A]

Sin φ = Factor Reactivo

- c) **Potencia Aparente (S):** Es la potencia total de un circuito con carga reactiva, es decir, es la suma geométrica de la potencia activa y reactiva, su unidad de medida es el voltio amperio (VA) (Cunalata, 2021).

$$S^2 = P^2 + Q^2 \quad (\text{Ecuación 8})$$

Donde:

P= Potencia Activa [W]

Q= Potencia Reactiva [VAR]

8.4 Factor de Potencia

El factor de potencia (FP) se interpreta como la correlación entre la potencia activa (kW) manipulada con el sistema y la fuerza supuesta (kVA) extraída de la línea eléctrica (Cunalata, 2021).

$$fp = \cos(\varphi) = \cos(\varphi_v - \varphi_i) = \frac{P}{S} \quad (\text{Ecuación 9})$$

Donde:

P= Potencia Activa [W]

S= Potencia Aparente [W]

Además de esto, existe el factor reactivo, que es la correlación entre la fuerza reactiva (kVAr) malgastada en el método y la energía supuesta (kVA) extraída de la línea eléctrica.

$$\text{factor reactivo} = \sin\varphi = \frac{Q}{S} \quad (\text{Ecuación 10})$$

Donde:

Sin φ = Factor Reactivo

Q= Potencia Reactiva [W]

S= Potencia Aparente [VA]

Para tener eficiencia energética, el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN), menciona que se debe lograr un factor de potencia de al menos 0.92, ya que un factor de potencia menor

al mencionado conlleva a un mayor consumo de potencia reactiva en comparación con el potencia activa, aumentando las pérdidas por sobrecalentamiento como podemos observar en la figura 5 (Cunalata, 2021).



Fuente: (unlp.edu.ar)

El factor de potencia es, por ende, una medida de la eficiencia de un sistema eléctrico. A mayor factor de potencia, mayor es la cantidad de potencia transmitida que está siendo usada en trabajo útil. A pesar de que la potencia reactiva no genera trabajo útil ocupa capacidad de transporte que podría ser usada para transmitir potencia activa, lo cual hace que el sistema sea más ineficiente, como se muestra en la Figura 5.

De la Figura 5 se ve que a mayor potencia reactiva (y, por ende, menor factor de potencia) el volumen del vaso que se puede usar para verter la cerveza es menor, haciendo que el consumo de cerveza sea ineficiente.

8.5 Sistema de media tensión

8.5.1 Instalación en media tensión

Las empresas eléctricas distribuidoras ofrecen suministro de media tensión desde sus redes primarias o secundarias:

Sistema monofásico de 7.620 voltios. Es la fuente de alimentación especificada, se detecta cuando la demanda del consumidor es superior a 30 kW y la potencia total de la placa de circuito no es superior a 100 kVA.

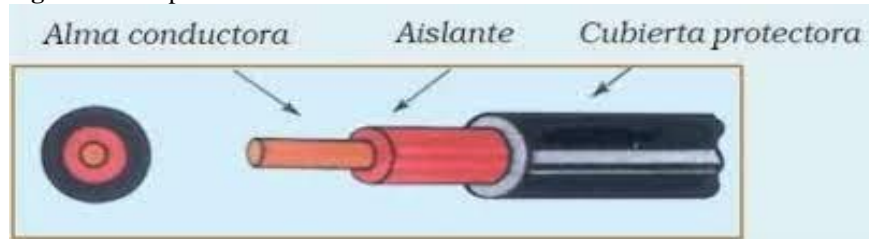
Norma para sistema trifásico a 13,2 kV. Esta potencia establecida es inferior a 1000 KW cuando la demanda requerida es superior a 30 KW (Román, 2016).

8.5.2 Conductores eléctricos

Cada preceptor puede quedar compuesto o mezclado de tres fragmentos:

1. Como elemento o compuesto, el conductor logra ser de los consecutivos materiales: aluminio o cobre. Dependiendo del número de conductores, puede haber un solo conductor o múltiples conductores.
2. Aislante es el que recubre al conductor en las partes que necesitan ser aisladas.
3. Fundas diseñadas para proteger el interior del conductor. (Román, 2016).

Figura 6. Composición de los cables conductores eléctricos



Fuente: Cables Electricos y Tipos Cables Conductores (areatecnologia.com)

El cobre es uno de los conductores más distribuidos porque sus posesiones conductoras difieren del aluminio, que es más barato, tiene una conductividad más baja y es más ligera al confrontar las propiedades de los funcionamientos de los dos materiales (Román, 2016).

8.5.3 Aislamiento de conductores

Se modifica el aislamiento del conductor de acuerdo a los requisitos, utilizamos como modelo el material termoplástico marcado como tipo T y los medios de acuerdo a las normas de UT (Underwriters Laboratories Inc.) denominados: TW, THW, THHN, TTU. También convergen los polímeros identificados como: R, RW, RHW, RH, RHH (Román, 2016).

En respuesta al dilema del conductor, se consideran algunos principios para acoger a los agentes de exposición en las instalaciones eléctricas como, por ejemplo, las normas ambientales para las instalaciones:

- **Lugares secos:** Los conductores aislados y los cables dañados (usados) pueden ser de los siguientes tipos: FEP, FEPB, MTW, PFA, RHH, RHW, RHW-2, SA, 6THHN, THW-2, THHW, THHW-2, THWN, THWN-2, TW, XHH, XHHW, WHHW-2 o ZW (Román, 2016).

- **Lugares húmedos:** los conductores y cables aislados deben tener una cubierta impermeable óptimo para resistir los siguientes tipos de lugares húmedos: FEP, FEPB, MTW, PFA, RHH, RHW, RHW-2, TW, THW, THW -2, THHW, THHW-2, THWN, THWN-2, XHHW, XHHW-2, ZW o el tipo que mejor funciona para la profundidad (Román, 2016).

8.5.3.1 Selección de Conductores Eléctricos

Los tipos de conductores existentes se clasifican por número de calibre, registrados por el sistema American Wire Gauge (AWG). Cuando se trata de áreas elevadas se utiliza una unidad denominada molino circular (área circular con un diámetro de una milésima de pulgada) (Román, 2016). En la siguiente tabla se detalla el área de conductores con calibre AWG y su área conductora.

Tabla 4. Espacio de los conductores con AWG en calibre

Calibre (AWG)	Área (mm ²)
12	3,31
10	5,27
8	8,35
6	13,30
4	21,20
2	33,60
1/0	53,5
2/0	67,4
4/0	107

Fuente: (Román, 2016).

Elaborado por: Veloz, K. y Yáñez, K. (2022).

Posteriormente en la tabla 5 se logra visualizar las diferente selecciones de conductores con calibre MCM convencionales.

Tabla 5. Espacio de los conductores con MCM en calibre.

Calibre (MCM)	Área (mm ²)
250	126,644
350	177,354
500	253,354

Fuente: (Román, 2016).

Elaborado por: Veloz, K. & Yáñez, K. (2022).

8.5.3.2 Selección del conductor en calibre

Se considera que las importantes opciones de calibre del conductor son los siguientes tres:

- **Arreglo de conductores de fuerza:** incorpora la corriente con el conductor más alto que puede soportar considerando sus propiedades mecánicas.
- **Aislamiento y temperatura de trabajo:** Se tiene en cuenta la temperatura de trabajo y se selecciona el nivel de aislamiento a soportar en conjunto con el amperaje.
- **Caída de tensión:** Cálculo que tiene en cuenta el nivel de pérdidas que sufre un conductor en función de su longitud.

Tabla 6. Capacidad de corriente en conductores aislados NTE INEN 2345

Sección Transversal	Temperatura nominal del conductor						Calibre
	60°C	75°C	90°C	60°C	75°C	90°C	
	Tipo S, TW, UF	Tipos FEPW*, RH*, RHW*, THHW*, THW*, THWN*, XHHW*, USE*, ZW*	Tipos TBS, SA, SIS, FEP*, FEPB*, MI, RHH*, RHW-2, THHN*, THHW*, THW-2*, THWN-2*, USE-E, XHH, XHHW*, XHHW-2, ZW-2	Tipos TW*, UF*	Tipos RH*, RHW*, THHW*, THW*, THWN*, XHHW*, USE*	Tipos TBS, SA, SIS, THHN*, THW-2, RHH*, RHW-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2	
mm ²	COBRE			ALUMINIO O ALUMINIO RECUBIERTO DE COBRE			AWG o kcmils
0,82	----	----	14	----	----	----	18
1,31	----	----	18	----	----	----	16
2,08	20*	20*	25	----	----	----	14
3,3	25*	25*	30*	20*	20*	25*	12
5,25	30	35*	40*	25	30*	35*	10
8,36	40	50	55	30	40	45	8
13,29	55	65	75	40	50	60	6
21,14	70	85	95	55	65	75	4
26,66	85	100	110	65	75	85	3
33,62	95	115	130	75	90	100	2
42,2	110	130	150	85	100	115	1
53,5	125	150	170	100	120	135	1/0
67,44	145	175	195	115	135	150	2/0
85,02	165	200	225	130	155	175	3/0
107,21	195	230	260	150	180	205	4/0
126,67	215	255	290	170	205	230	250
152,01	240	285	320	190	230	255	300
177,34	260	310	350	210	250	280	350
202,68	280	335	380	225	270	305	400
253,35	320	380	430	260	310	350	500

Fuente: (NEC, 2018)

En Ecuador 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. El rango de utilización de los conductores corresponde a la capacidad de conducción de cada uno de ellos de acuerdo con la Tabla 6.

Además de considerar el aspecto a la hora de seleccionar un conductor, el CEN recomienda considerar el tamaño mínimo del conductor según su tensión nominal y el tipo de instalación (Román, 2016).

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

8.6 Transformadores

Son una herramienta estática con magnetización electromagnética diseñada para transformar un sistema de corriente alterna en una o más corrientes alternas, que son de alta frecuencia y, a menudo, de pedantería y cacofonía variables. Los transformadores reciben caracteres a valores de tensión despreciables y entregan valores bajos (Cevallos, 2009).

Un transformador alimentador por una línea de disposición de media tensión realiza la conversión final, realizando la disposición parcial de la tensión a la tensión de uso (Cevallos, 2009).

El convertidor debe ser idóneo para establecimiento expuesta (sobretensión atmosférica) y conectado directamente a líneas aéreas o instalado a través de pequeñas secciones de cable.

8.6.1 Características nominales de un transformador

La potencia nominativa de un transformador monofásico es el fruto de su tensión primaria nominal multiplicada por la corriente primaria:

$$S_n = V_n \times I_n \quad (\text{Ecuación 11})$$

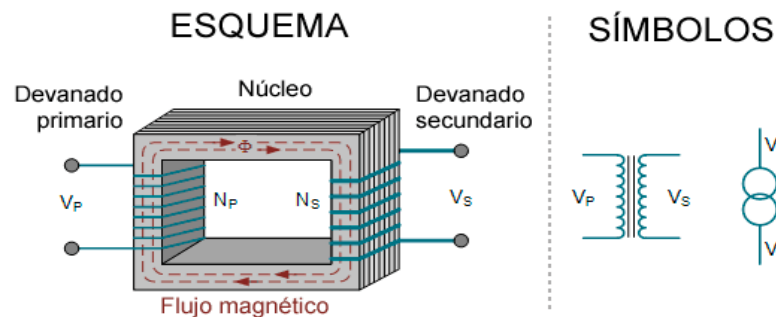
- Las capacidades nominales de tensión y corriente son aquellos productos para los que existen delineado al convertidor
- Cuando un transformador maniobra a una potencia preferente a su fuerza nominal, se sobrecalienta (Cevallos, 2009)

Es fundamental conocer los datos informativos que caracteriza lo necesario para adquirir un transformador para una aplicación específica. Las características más relevantes son:

- La potencia en KVA.
- La primarias y secundarias de las tensiones.
- Regulación de tensión de salida.
- Grupos de unión.

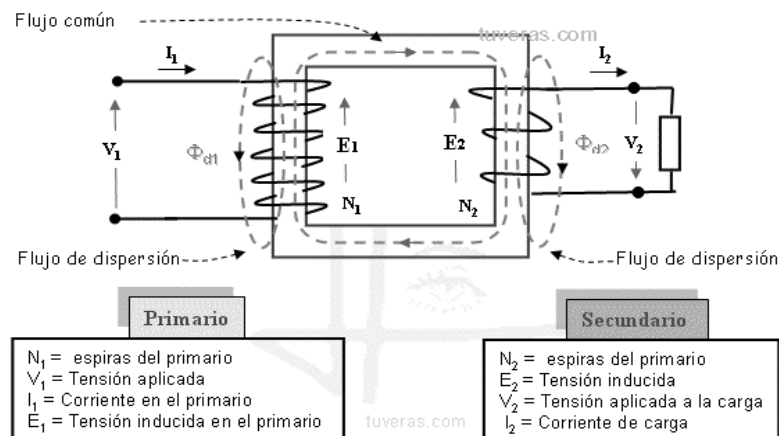
- Frecuencia.
- Clima ambiente máxima.
- Altitud de instalación
- Instalación interior o exterior.
- Nivel de Aislamiento Básico (BIL).
- Relación de evolución.

Figura 7. Esquema y símbolo de un transformador para media tensión



Fuente: (Cevallos, 2009).

Figura 8. Esquema de media tensión con el devanado primario y secundario



Fuente: (Cevallos, 2009).

8.6.2 Transformador trifásico de distribución

Son usados para alimentación de sistemas trifásicos desde redes de media tensión como plantas industriales, centros comerciales, hospitales, edificios o conjuntos residenciales.

Las características principales son:

- Accesorios son colocados al frente y a los lados del tanque. Tipo conexión en alta tensión Delta Estrella conforme a la especificación requerida.

- La instalación de gargantas laterales, dependen del arreglo de conexiones aéreo o subterránea para Alta tensión y/o acople directamente a tableros en Baja tensión.
- Cinco derivaciones $\pm 2 \times 2.5\%$.
- 65° C de elevaciones de temperatura sobre una media de 30° C y una máxima de 40° C .
- Enfriamiento en aceite a través de convección natural de aire (ONAN).

El Transformador trifásico está diseñado para operar a la intemperie o en interior, montado sobre una base típicamente de concreto o estructura de poste tipo H. Uno de los más comunes para aplicaciones a la intemperie con acometidas subterráneas es el transformador trifásico PAD MOUNTED como se muestra en la Figura siguiente.

Figura 9. Transformador trifásico de distribución tipo PAD MOUNTED



Fuente: (Cevallos, 2009).

8.7 Protecciones eléctricas

Cada protección eléctrica tiene su respectiva gestión y prevención, en la que el incluye lo siguiente:

- **Fraccionamiento:** Se respeta el aislamiento en consideración del voltaje para mantener un sistema seguro y confiable.
- **Mando:** Control manual o automático de sistemas de emergencia.
- **Protección Eléctrica:** Protección frente a altas tensiones, corrientes incitadas por fallas y desperfectos de reclusión de los conductores.

En estos casos, para proteger las instalaciones eléctricas de altas corrientes debidas a defectos de aislamiento o cortocircuitos del es recomendable adquirir dispositivos del como fusibles o disyuntores que se instalan en los distintos cuadros de distribución del que alimentan los circuitos(Román, 2016).

8.7.1 Pararrayo

La elección del pararrayos está muy influenciada por las características del tipo de sistema a proteger. Los factores a considerar incluyen: altitud, frecuencia nominal, voltaje nominal y corriente de descarga (Cevallos, 2009).

Figura 10. Esquema de un pararrayo para media tención



Fuente: (Cevallos, 2009).

8.7.2 Aisladores

Los aisladores son dispositivos que se utilizan para mantener los conductores mecánicamente separados y aislados de los componentes que no conducen corriente, y deben soportar los esfuerzos mecánicos que los conductores transmiten a la columna a través de ellos (Cevallos, 2009).

La tensión debe ser sobrellevada por recurso usado y su superficie, con aisladores de porcelana, vidrio y materiales compuestos actuales como fibra de vidrio y resina en el núcleo, y cauchos diversos en la parte exterior del aislador (Cevallos, 2009).

Figura 11. Esquema de un pararrayo para media tensión



Fuente: (Cevallos, 2009).

8.8 Sistemas eléctricos de baja tensión

8.8.1 Instalación en baja tensión

A los efectos de reglamentación y de instalación se consideran a la baja tensión como:

Baja tensión (BT): Corresponde a tensiones por encima de 50 V., y hasta 1000 V, en corriente continua o iguales valores eficaces entre fases en corriente alterna según la agencia de regulación y control de electricidad.

8.8.2 Transformadores de distribución de baja tensión

Considerando la norma técnica ecuatoriana NTC2050 en su artículo 450-3, se encuentra el procedimiento que permite dimensionar los dispositivos de protección eléctrica para un transformador de distribución, luego de haber establecido que se cuenta con sus voltajes nominales primario y secundario.

En el caso de un transformador de distribución trifásico 13,2kV/208-120V 300kVA, se muestra el cálculo y selección del fusible, teniendo en cuenta que el lado primario del transformador se alimenta con una tensión superior a 600V y el secundario lado está a una tensión inferior a 600 V, por lo tanto, el valor nominal del fusible es 300% la corriente nominal del transformador del lado alto y el ajuste del detector magnético se calculan con 125% la corriente nominal del transformador del lado alto BT del lado alto como se muestra en el cálculo a continuación (Gálvez, 2013).

Las corrientes eléctricas en un transformador, se obtiene con las siguientes fórmulas:

$$I_{\text{primario Nominal}} = \frac{S_{\text{Nominal}}}{\sqrt{3} \times V_{LP}} \quad (\text{Ecuación 12})$$

$$I_{\text{Secundario Nominal}} = \frac{S_{\text{Nominal}}}{\sqrt{3} \times V_{LP}} \quad (\text{Ecuación 13})$$

8.8.3 Equipos de protección

En redes de baja tensión, se utilizan como dispositivos de protección principales los fusibles unipolares montados sobre soportes aislantes y los interruptores termomagnéticos unipolares, bipolares, tripolares, tetrapolares.

8.8.3.1 Fusible

El elemento fusible, que está asociado con un cuerpo cerámico y una cuchilla de contacto, se puede separar de su base, lo que permite la separación de los conductores.

Las características eléctricas de los fusibles, que son en gran parte iguales a las de otro tipo de dispositivos:

- Tensión.
- Frecuencia.
- Corriente de la parte cambiante: Se distingue esta parte y aquella el cortacircuitos puede resistir perennemente sin que se produzcan ofensas o se superar los límites de calentamiento permisibles
- **Clasificación de corriente básica:** corresponde a la clasificación de corriente máxima de la pieza reemplazable
- **Pérdida de potencia de piezas reemplazables:** pertenece a la corriente nominal, para algunos fusibles, muestra caída de voltaje
- **Corriente Crítica:** Es la corriente presumida entre la corriente imperceptible de fusión y el poder nominal de corte, donde la máxima energía transferida se materializa en el arco (Román, 2016)

- **Poder de corte:** Es la corriente máxima asumida que tiene el fusible bajo ciertas condiciones. La corriente k arroz, la fuente de alimentación y la instalación pueden interrumpir. (Cunalata, 2021)
- **selectividad:** es la coordinación entre las características de los dispositivos de interrupción automática (incluidos los fusibles), a través de la cual se produce una sobre corriente que fluye a través de múltiples dispositivos en serie, solo uno de las acciones de grupo. (García, 2014)
- **Latencia:** Es la cabida que tiene un interruptor de conmutar en más o menos lapso de tiempo, mencionada en un tiempo asegurado (relativamente pequeño), dando la oportuna corriente alta sin fundir y mínima con fusible (Galvez, 2013)
- voltaje inverso (fundamental).
- Voltaje de arco.
- Voltaje pico: Este es el arco eléctrico o voltaje inverso máximo que ocurrirá cuando el fusible se funde bajo ciertas condiciones.

8.8.3.2 Interruptor termomagnético

Un interruptor termomagnético es un dispositivo que como su nombre indica combina dos efectos, el magnetismo y el calor, para interrumpir la corriente eléctrica de un circuito cuando se detectan valores mayores a ciertos límites.

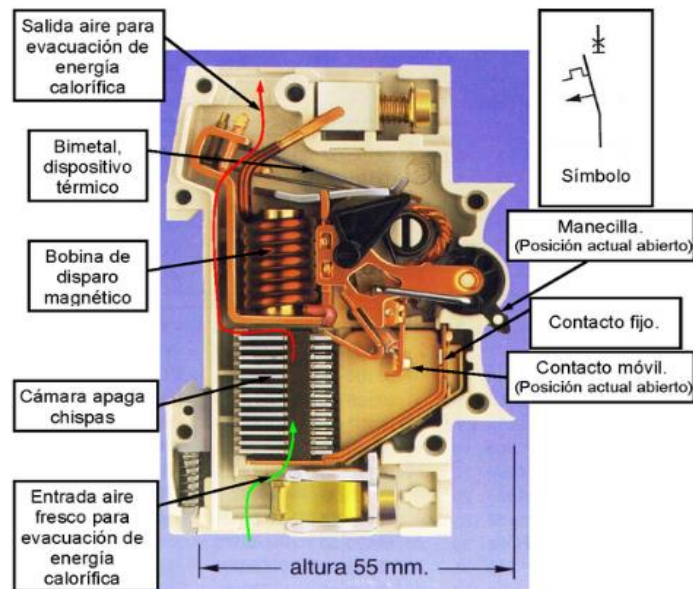
El interruptor termomagnético lo que hacer es interrumpir el paso de la corriente cuando detecta que esta sobrepasa ciertos límites. Es por esto que un interruptor termomagnético sirve para proteger un circuito eléctrico de sobrecargas y cortocircuitos.

8.9 Partes de un interruptor termomagnético

- **Bobina metálica:** Es la que garantiza de forma magnética el disparo del interruptor en caso de cortocircuitos.
- **Bimetal:** Garantiza de forma térmica el disparo del interruptor en caso de que haya sobrecargas, es decir cuando supera ciertos límites de temperatura.
- **Contacto móvil:** Abre el circuito en caso de detección de sobrecarga o cortocircuitos.
- **Cámara de extinción:** Se encarga de disipar el arco eléctrico que se genera.

La composición de un interruptor termomagnético se puede apreciar en la siguiente Figura:

Figura 12. Composición de un interruptor termomagnético



Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Interruptor_magnetot%C3%A9rmico

8.10 Caída de Tensión en Media Tensión y Baja Tensión

La caída de tensión se entiende como la pérdida de potencial en la conducción de corriente eléctrica en un conductor, originada por la distancia o la sección transversal del mismo, y que se refleja como aumento de corriente y disminución de voltaje. Consecuencias de la caída de tensión es la pérdida de voltaje ocasionado por una resistencia (calibre de cable inadecuado); las consecuencias de una caída de voltaje en lámparas incandescentes es baja intensidad. en lámparas fluorescentes ocasiona parpadeo, en motores eléctricos ocasiona calentamiento, o que totalmente no arranque el motor : (Pozuelos, 2012)

- La pérdida de voltaje es consecuencia de:
- El diámetro del cable, cuanto más pequeño más pérdida.
- El largo del cable. A mayor longitud del cable mayor caída de tensión
- El tipo de metal utilizado como conductor. a mayor resistencia del metal mayor pérdida. el cobre y el aluminio son los metales comúnmente utilizados como conductor siendo el cobre el de menor resistencia (Pozuelos, 2012)

Ventajas del cálculo adecuado de caída de tensión:

- Transportar la potencia requerida con total seguridad.

- Que dicho transporte se efectúe con un mínimo de pérdidas de energía.
- Mantener los costes de instalación en unos valores aceptables.

8.10.1 Criterio de límite de caída de tensión

Para realizar el dimensionamiento de la sección del conductor es necesario también tomar en cuenta la caída de tensión que se producirá y que esta sección sea la apropiada para no provocar una caída de tensión fuera de los límites establecidos (Pozuelos, 2012)

- a) caída de tensión en un sistema monofásico el cálculo de esta caída se puede dar a través de las siguientes ecuaciones (García, 2014).

$$S_c = \frac{200 \tau \sum (L_c \times I_c) (mm^2)}{\Delta V\% \times V_{fn}} \quad (\text{Ecuación 14})$$

Donde:

S_c = Sección del conductor circuito en A

L_c = Longitud de circuitos en metros máxima admitida en %

V_{fn} = Tensión entre fase y neutro en V

I_c = Corrientes total

ΔΔV = Caída detención

$$\Delta V_n = \frac{10 \times V_{fn} \times \Delta V\%}{I_c \times L_c} \quad (\text{Ecuación 15})$$

La caída de tensión es en V

- b) Caída de tensión en un sistema trifásico

Para este sistema la sección de conductor se puede obtener a través de la siguiente ecuación (Pozuelos, 2012).

$$S_c = \frac{173.2 \times \rho \sum (I_c \times L_c) (mm^2)}{\Delta V\% \times V} \quad (\text{Ecuación 16})$$

Donde:

S_c = Sección del conductor circuito en A

L_c = Longitud de circuitos en metros máxima admitida en %

V_{fn} = Tensión entre fase y neutro en V

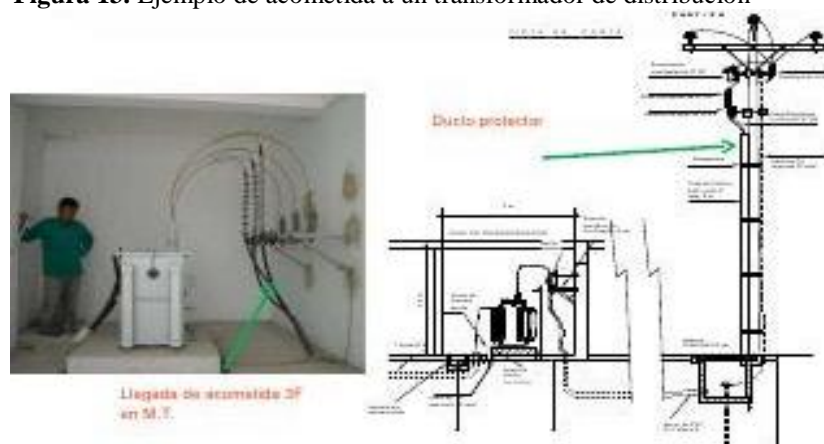
I_c = Corrientes total

$\Delta\Delta V$ = Caída detención

8.11 Acometidas

Las derivaciones se denominan derivaciones, y cada conexión, desde el sistema eléctrico de una empresa distribuidora hasta un medidor ubicado en una vivienda o edificio, se componen de conductores aislados que deben pasar por el conducto, dependiendo de la clase de ataque que se obtenga, ya sea aire o bajo tierra (Román, 2016).

Figura 13. Ejemplo de acometida a un transformador de distribución



Fuente (slideshare.net)

8.11.1 Acometidas en media tensión

Generalmente es un conjunto de conductores aéreos o subterráneos con una tensión de 13800 V, para llegar al transformador de distribución principal se hace con cables aislados tipo XLP. De acuerdo con la norma principal, para esta conexión se instala el último poste, y la protección consiste en una caja de fusibles de 15kV, un pararrayos de 10kV y una clavija de puesta a tierra (Román, 2016).

Comienza desde la red primaria de la compañía eléctrica de 13.8KV, ya sea una conexión aérea o subterránea, el cable depende del grado de la red primaria, porque hay dos grados aéreos, incluido el grado ACSR y subterráneo, es un cable con Conductor de aislamiento XLPE. 15KV, desde la primaria roja conectada al bushing del transformador o a la celda donde se colocarán los CT y PT para la medición (si los hubiere) (Román, 2016).

8.11.2 Acometidas en baja tensión

Es la fuente de energía conectada desde la red secundaria de la compañía eléctrica (subterránea o aérea), dependiendo de la distribución de energía eléctrica en la zona.

Como norma establecida, será responsabilidad de la empresa eléctrica mantener las flores de voltaje dentro de los elementos establecidos por CONELEC que establezca la relación de voltajes mayores o menores al 8% para distribución (Román, 2016).

Con la condición de que se instale una determinada estación de regulación de tensión, la empresa distribuidora autorizará múltiples espacios de cambio en la readaptación para obtener la tensión de alimentación nominal, es decir, no se colocará ningún transformador en cada punto para suministro de energía eléctrica a cada consumidor (Román, 2016).

Por lo general, para los consumidores con una demanda inferior a 30 kw, la compañía eléctrica proporciona energía monofásica a 220 voltios⁴. Para clientes mayores a 30 Kw, la empresa brinda un servicio monofásico, el cual será de media tensión suministrada por la red de distribución de la empresa o la industria a la que pertenece el cliente (Román, 2016).

8.11.3 Principales componentes finales del sistema eléctrico residencial

En una instalación eléctrica se puede encontrar diferentes elementos que necesitan ser estudiados, entre los más destacados se tiene:

8.11.3.1 Sistema de fuerzas

Se considera instalación de fuerza cualquier instalación en la que se utilice preferentemente la energía eléctrica para obtener energía mecánica y/o para intervenir en algún proceso productivo industrial.

Los circuitos de fuerza deben estar separados de los circuitos para otros tipos de consumo; sin embargo, pueden tener alimentadores o sub - alimentadores comunes.

Dentro de los sistemas de fuerza se puede encontrar:

- **Tomacorriente**

Un enchufe consta de dos partes que genera electricidad. El primero se llama enchufe o enchufe tipo macho, y este se conectará a la segunda parte, llamada: toma de corriente (correctamente) (cablesyconductores.com, 2021).

- **Circuitos especiales**

Sus salidas tienen suficiente corriente para accionar no solo otros circuitos integrados de la misma familia, sino también otros dispositivos como pantallas, luces, relés, sensores, etc. (Darr, 2021).

8.11.3.2 Sistemas de iluminación

En función de la distribución del flujo luminoso que llega a una zona, las luminarias pueden clasificarse en 5 sistemas: luz directa, semidirecta, indirecta, semi - indirecta y difusa.

- **Directa**

Es el sistema en el que todo el flujo luminoso se dirige hacia abajo. Es el sistema que ofrece la mayor eficacia luminosa ya que se aprovecha casi toda la luz emitida. Sin embargo, las sombras y los contrastes son más intensos y provocan altos niveles de deslumbramiento. La iluminación directa es adecuada para espacios que requieren una iluminación focalizada o decoración (sincro, 2018).

- **Semidirecta**

Cuando la mayor parte del flujo luminoso se dirige hacia el suelo (entre el 60-90%) y el resto se refleja en el techo y las paredes. El efecto es más favorable, ya que las sombras son más suaves y la posibilidad de deslumbramiento es menor (sincro, 2018).

- **Indirecta**

En este caso, entre el 90% y el 100% de la luz se dirige hacia el techo y luego se distribuye en la habitación por reflexión. Como las pérdidas de luminosidad por absorción son muy elevadas, se recomienda utilizar colores claros que permitan que la luz se refleje bien. La iluminación más suave y uniforme crea un ambiente más relajante, reduce las sombras y aumenta la sensación de amplitud en la habitación. El único inconveniente es que la visibilidad de los objetos no es tan clara, por lo que no se recomienda para iluminar espacios de trabajo (sincro, 2018).

- **Semi - indirecta**

Cuando la mayor parte de la luz se dirige hacia arriba (60 - 90%) produciendo sombras suaves y muy poco deslumbramiento. Crea un entorno muy confortable y agradable (sincro, 2018).

- **Difundida**

En este tipo de iluminación el flujo se distribuye al 50% entre fuentes directas e indirectas creando una iluminación homogénea sin sombras ni contrastes. Son ideales para la iluminación general (sincro, 2018).

8.11.4 Tableros de distribución

Un tablero eléctrico es una caja o gabinete que contiene dispositivos de conexión, operación, control, medición, protección, alarma y señalización, así como sus correspondientes tapas y soportes, para realizar funciones específicas en un sistema eléctrico. Los paneles eléctricos deben fabricarse o ensamblarse de acuerdo con los estándares regulatorios y de diseño para que puedan funcionar correctamente cuando están energizados, manteniendo seguros a los operadores y sus instalaciones. Los equipos de protección y control y los instrumentos de medida se suelen instalar en cuadros eléctricos con referencias de conexión (jdelectricos, 2020).

El cuadro de distribución es uno de los componentes principales de una instalación eléctrica, donde cada uno de los diferentes circuitos en los que se divide la instalación están protegidos por fusibles, protecciones magnetocalóricas y diferenciales. Cada instalación dispone de al menos un cuadro principal, y como suele ser habitual en la mayoría de viviendas, de él se

puede alimentar uno o varios cuadros auxiliares, como suele ser el caso en instalaciones industriales y grandes superficies. (jdelectricos, 2020).

8.11.4.1 Componentes de un tablero eléctrico

Los componentes básicos se pueden encontrar en cualquier panel eléctrico, aunque el tamaño y la forma pueden variar según la aplicación.

Figura 14. Componentes principales de un tablero eléctrico



Fuente: (jdelectricos, 2020).

- **Gabinete**

Es la parte externa encargada de proteger todos los componentes del circuito de control, los podemos encontrar mayoritariamente fabricados en metal, aunque en algunos casos y dependiendo de su aplicación los hallamos fabricados en flexible (jdelectricos, 2020).

- **Rieles de metal**

Estos rieles sirven como base para ensamblar todos los componentes que se utilizarán en el sistema de control (jdelectricos, 2020).

- **Barras colectoras**

Estas tiras están hechas de material conductor y se utilizan para suministrar corriente eléctrica a los componentes del panel, generalmente cuando se requieren grandes cantidades de electricidad (jdelectricos, 2020).

- **Canaletas**

Son los canales de plástico en los que se colocan los cables y se utilizan para llevarse de un lugar a otro del tablero.

- **Borneras de conexiones**

También se les llama terminales, en realidad son conectores eléctricos que encierran el cable con tornillos, los bloques de terminales se utilizan principalmente cuando se tiene que enrutar el cable desde el panel hasta un componente exterior como un monitor o cualquier actuador (jdelectricos, 2020).

- **Prensa de cables**

También conocidos como conectores de empalme de cables, están integrados en gabinetes eléctricos para llevar los cables de manera segura desde el exterior hacia el interior y viceversa (jdelectricos, 2020).

8.11.4.2 Tipos de cuadros de distribución

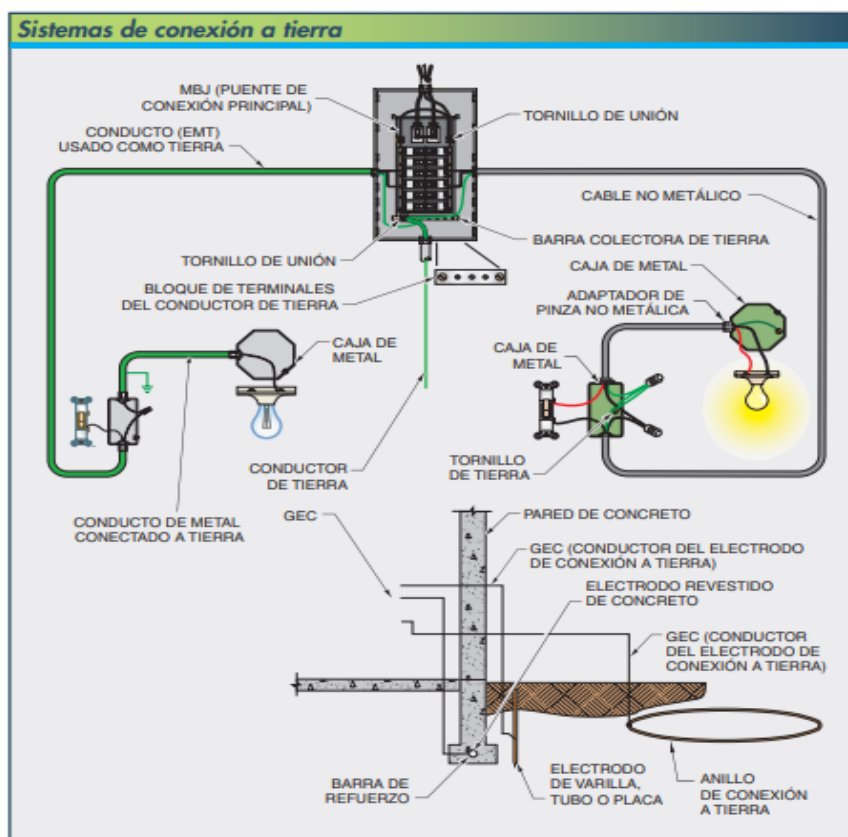
Según su ubicación en la instalación eléctrica, los cuadros eléctricos se dividen en:

- **Cuadro de distribución principal:** Este cuadro de distribución está conectado a los cables principales de los que se extraen en los circuitos secundarios. Esta caja contiene el interruptor principal.
- **Paneles de distribución de energía auxiliar:** Se alimentan directamente del panel principal. Desempeñen un papel auxiliar en la protección y operación de los subalimentadores.
- **Placas de canal:** Su propósito es proteger los dispositivos derivados que no pueden conectarse directamente a un alimentador o subalimentador debido a su capacidad. Para realizar esta protección cuentan con fusibles (jdelectricos, 2020).
- **Tablero separado:** Recibe el circuito de energía directamente y contiene el medidor de energía del circuito principal.
- **Paneles de control:** Contienen seguridad y controles.

8.11.5 Sistema de puesta a tierra

Un sistema de puesta a tierra es la conexión intencional a tierra de los elementos conductores de un sistema eléctrico, con la finalidad de proporcionar los medios para disipar las corrientes eléctricas en la tierra en condiciones normales y de falla, sin exceder los límites de operación de los equipos, ni afectar adversamente la continuidad del servicio (Sinchi, 2017).

Figura 15. Esquema de un sistema de conexión a tierra.



Fuente: (Mazur, 2014).

Las comprobaciones de un sistema de puesta a tierra pueden incluir la toma de mediciones de resistencia, corriente y tensión:

- Tensión del sistema
- Tensión de electricidad estática
- Corriente del sistema
- Corriente de fuga
- Resistencia del sistema
- Resistencia del sistema de puesta a tierra

- resistividad del suelo
- pH del suelo (Mazur, 2014).

En baja tensión, los sistemas y conductores de circuitos eléctricos son puestos a tierra para evitar que personas al entrar en contacto con los circuitos y equipos eléctricos queden sometidos a diferencias de potencial que superen los umbrales de soportabilidad del ser humano cuando se presente una falla.

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.

Un diagrama típico de la conexión a tierra desde un elemento final como una lámpara hacia la varilla de puesta a tierra se muestra en la siguiente figura.

8.11.6 Normas para la instalación de puesta a tierra

A nivel internacional la norma IEEE-80 y la IEEE 142 generalmente es una guía detallada sobre aspectos técnicos más importantes para el aterrizaje en subestaciones y sistemas eléctricos, e incluyen formulaciones necesarias para realizar los cálculos en lo referente al sistema de puestas a tierra. Sin embargo, para instalaciones nacionales a nivel de Ecuador se aplica la NEC para instalaciones eléctricas.

El tablero de distribución principal debe estar conectado a su propia barra de puesta a tierra (Iza et al., 2018).

Todos los circuitos de toma de corriente y los circuitos de carga especial deben tener un conductor de tierra separado del conductor neutro (Iza et al., 2018).

Los conductores de fase y neutro procedentes del contador eléctrico deben conectarse al tablero de distribución (Iza et al., 2018).

Hay que tener en cuenta que en el tablero de distribución principal de la casa debe haber un puente equipotencial entre la barra del neutro y la tierra. En los sub - tableros, las Barras de Neutro y Tierra deben mantenerse aisladas una de otra, ya que su alimentación desde el tablero principal debe tener un conductor independiente del neutro (Iza et al., 2018).

El conductor de tierra de los circuitos de salida debe estar conectado a la barra de tierra del tablero de distribución (Iza et al., 2018).

8.11.7 Esquema de conexión

El Esquema de Puesta a Tierra (ECT) o Régimen de Neutro a utilizar es TN-C-S, esto significa que el neutro del transformador debe estar sólidamente aterrizado por la Empresa Eléctrica, mientras que el usuario debe conectar todas las protecciones metálicas de sus equipos eléctricos al conductor de puesta a tierra (el conductor neutro, al tratarse del tablero de distribución principal). La letra C significa que las funciones de neutro y protección se combinan en un solo conductor y la letra S significa que las funciones de neutro y protección se realizan con conductores separados (Iza et al., 2018).

8.11.7.1 Calibre del conductor de puesta a tierra

El calibre mínimo del conductor de puesta a tierra de acuerdo con el valor de corriente de la protección del circuito se indica en la Tabla.

Tabla 7: Tamaño de los guías de tierra para desagüe y equipos.

Capacidad de protección automática de dispositivos contra sobre la corriente en circuitos frontales de equipos, tuberías, etc. Sin exceder de:	Tamaño (AWG o kcmil)	
	nominal mm ²	
(A)	Conductor de cobre	Conductor de Aluminio
15	2,08 (14)	-
20	3,31 (12)	-
30	5,26 (10)	-
40	5,26 (10)	-
60	5,26 (10)	-
100	8,37 (8)	13,3 (6)
200	13,3 (6)	21,2 (4)
300	21,2 (4)	33,6 (2)
400	33,6 (2)	42,4 (1)

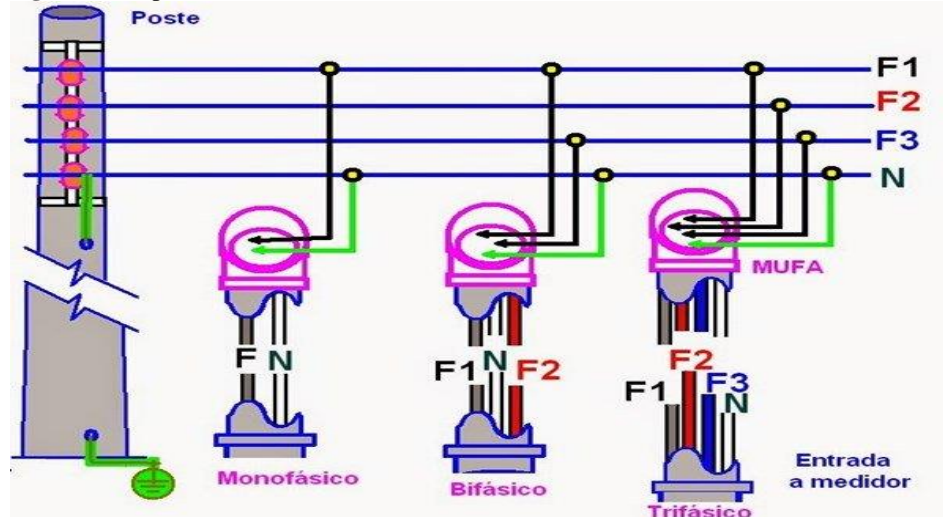
Fuente: (Iza et al., 2018).

Elaborado por: Veloz, K. y Yáñez, K. (2022).

8.12 Tipos de instalaciones en un sistema eléctrico

Las instalaciones eléctricas se clasifican según el número de conductores utilizados para transmitir la electricidad. En corriente alterna, se suele hacer una distinción entre instalaciones monofásicas, bifásicas y trifásicas (TotalEnergies, 2020).

Figura 16. Tipos de instalaciones en un sistema eléctrico.



Fuente: (voltium, 2019).

8.12.1 Instalación monofásica

Se utilizan dos cables para transmitir electricidad, llamados fase y neutro. Se utiliza cuando la potencia de las instalaciones eléctricas no es muy elevada, normalmente en viviendas, generalmente inferior a 15 kW (kilovatios) (TotalEnergies, 2020).

8.12.2 Instalación bifásica

Un sistema bifásico está formado por una línea con dos fases y un neutro, donde se pueden obtener dos tensiones desfasadas. Se utiliza principalmente para la distribución de energía cuando hay muchas cargas monofásicas (voltium, 2019).

8.12.3 Instalación trifásica

Utilice cuatro cables, tres fases y un neutro. Si bien son de uso común en empresas e industrias, también se pueden encontrar en hogares y lugares donde la demanda de electricidad es alta. En el caso de instalaciones trifásicas, la tensión de alimentación es de 400 voltios (TotalEnergies, 2020).

La principal ventaja de un sistema trifásico es que se puede transferir más potencia con menos pérdidas y se utiliza menos cobre en los conductores eléctricos en comparación con un sistema monofásico. Además, se utilizan alternadores trifásicos para generar electricidad, lo que facilita la generación de electricidad trifásica. La aplicación más común de la energía eléctrica son los motores eléctricos, que además son más fáciles de fabricar y más eficientes energéticamente si son trifásicos (TotalEnergies, 2020).

8.12.4 Normas de las instalaciones de interruptores y tomacorrientes

En la ubicación e instalación de los diferentes elementos eléctricos se debe tener en cuenta lo siguiente:

- a) Para los interruptores, conmutadores y pulsadores; la altura de instalación sobre el nivel del suelo debe ser de 1,2 metros en el lado de la apertura de la puerta y estos operativamente deben desconectar el conductor de fase.
- b) El interruptor cuando se instala en un lugar húmedo o en el exterior de la vivienda debe estar alojado en un armario resistente a la intemperie. Los interruptores no deben instalarse en lugares húmedos, espacios de bañeras o duchas, a menos que estén certificados para estos usos.
- c) Los tomacorrientes, para uso general, deben colocarse a 0,40 m del piso terminado, excepto en casos especiales como baños y/o cocinas, que pueden colocarse sobre encimeras a 0,10 m.
- d) Los tomacorrientes, para uso general, deben estar polarizados para la instalación del cable de protección de tierra.
- e) Las tomas de corriente para estufas eléctricas deben instalarse en puntos de fácil acceso y su altura de montaje debe estar entre 0,20 y 0,80 m del suelo. Cuando se instalen en las encimeras de las cocinas, las tomas de corriente deben colocarse a una altura mínima de 0,10 m por el mesón.
- f) El tomacorriente para la estufa eléctrica debe ser del tipo NEMA 10-50R, cumplir con el Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 091 y las especificaciones del MEER.

- g) En caso de utilizar tomacorrientes montados en el piso, estos deben ser a prueba de humedad y con alta resistencia mecánica.
- h) La altura de instalación de los tomacorrientes puede ser diferente a la indicada en esta norma en ambientes o montajes especiales.
- i) En el caso de viviendas habitadas por personas con discapacidad, personas mayores y niños, la altura de instalación de los interruptores, pulsadores y tomas de corriente se ajustará a lo indicado en el capítulo NECHS-AU Accesibilidad Universal (Iza et al., 2018).

8.12.5 Normas para instalaciones de tuberías y cajetines

Las tuberías para la instalación de los circuitos eléctricos deberán ser de los siguientes tipos

- (a) Tubería de PVC ligero tipo I.
- b) Tubería de polietileno flexible de gran resistencia mecánica (tubería negra).
- c) Tubería metálica, rígida o flexible de acero galvanizado tipo EMT.

Las cajas para la instalación de los circuitos eléctricos serán de los siguientes tipos:

- a) De plástico.
- b) Metálicas.

Los empalmes entre conductores deben realizarse en el interior de las cajas de revisión, protegidas con aislamiento eléctrico contra la corrosión. No se admiten empalmes en el interior de los tubos. Las dimensiones de las cajas deben ser tales que permitan alojar cómodamente a todos los conductores que deben contener según la tabla siguiente.

Tabla 8: Número de conductores en función del tipo de caja.

Dimensiones de la caja tamaño comercial en cm	Capacidad mínima en cm ³	Número máximo de conductores						
		0.824 mm ² (18 AWG)	1.31 mm ² (15 AWG)	2.08 mm ² (14 AWG)	3.3 mm ² (12 AWG)	5.264 mm ² (10 AWG)	8.37 mm ² (8 AWG)	13.3 mm ² (6 AWG)
11.9 x 3.8 cuadrada	484	19	16	14	13	11	9	5
11.9 x 5.4 cuadrada	688	28	24	21	18	16	14	8
7.6 x 5.1 x 3.8 dispositivo	123	5	4	3	3	3	2	1
7.6 x 5.1 x 5.1 dispositivo	164	6	5	5	4	4	3	2
7.6 x 5.1 x 5.7 dispositivo	172	7	6	5	4	4	3	2
7.6 x 5.1 x 6.4 dispositivo	205	8	7	6	5	5	4	2
7.6 x 5.1 x 7.0 dispositivo	230	9	8	7	6	5	4	2
7.6 x 5.1 x 8.9 dispositivo	295	12	10	9	8	7	6	3
10.2 x 5.4 x 3.8 dispositivo	170	6	5	5	4	4	3	2
10.2 x 5.4 x 4.8 dispositivo	213	8	7	6	5	5	4	2
10.2 x 5.4 x 5.4 dispositivo	238	9	8	7	6	5	4	2
9.5 x 5.1 x 6.4 mampostería	230	9	8	7	6	5	4	2
9.5 x 5.1 x 8.9 mampostería	344	14	12	10	9	8	7	4
FS de Prof. mínima 4.5 c/tapa	221	9	7	6	6	5	4	2
FD de Prof. mínima 6.0 c/tapa	295	12	10	9	8	7	6	3
FS de Prof. mínima 4.5 c/tapa	295	12	10	9	8	7	6	3
FD de Prof. mínima 6.0 c/tapa	394	16	13	12	10	9	8	4

Dimensiones de la caja tamaño comercial en cm	Capacidad mínima en cm ³	Número máximo de conductores						
		0.824 mm ² (18 AWG)	1.31 mm ² (15 AWG)	2.08 mm ² (14 AWG)	3.3 mm ² (12 AWG)	5.264 mm ² (10 AWG)	8.37 mm ² (8 AWG)	13.3 mm ² (6 AWG)
10.2 x 3.2 redonda u octogonal	205	8	7	6	6	5	4	2
10.2 x 3.8 redonda u octogonal	254	10	8	7	6	6	5	3
10.2 x 5.4 redonda u octogonal	352	14	12	10	9	8	7	4
10.2 x 3.2 cuadrada	295	12	10	9	8	7	6	3
10.2 x 3.8 cuadrada	344	14	12	10	9	8	7	4
10.2 x 5.4 cuadrada	497	20	17	15	13	12	10	6
11.9 x 3.2 cuadrada	418	17	14	12	11	10	8	5

Fuente: (Iza et al., 2018).

8.12.6 Normas para la instalación de conductores

- a) Todos los conductores de energía eléctrica utilizados en las instalaciones deben estar colocados de forma que puedan ser fácilmente revisados o sustituidos.
- b) Los conductores utilizados en las instalaciones deben estar sujetos a la norma vigente NTE INEN 2345 en cuanto a su tipo de aislamiento.
- c) Todos los conductores instalados en cualquier tipo de conducto, cuyo calibre sea superior a 10 AWG, deben estar cableados.
- d) Todos los conductores para las instalaciones eléctricas residenciales deben ir colocados dentro de tuberías, las mismas que deben ser empotradas o sobrepuestas.
- e) Para identificar las fases de los conductores se debe utilizar el siguiente código de colores de acuerdo con la siguiente tabla (Iza et al., 2018).

Tabla 9: Código de colores.

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.

Fuente: (Iza et al., 2018).

Elaborado por: Veloz, K. y Yáñez, K. (2022).

8.12.7 Centro de cargas

Los centros de carga son los paneles metálicos en los que se concentra la energía para alimentar una determinada instalación o un sector de ella, y desde allí se ramifican los circuitos hacia los aparatos y equipos a energizar (Freire, 2014).

Los centros de carga constan de barras concentradoras y acoples para colocar los disyuntores termomagnéticos, con los cuales se protegerán los circuitos ramificados (Freire, 2014).

Las barras concentradoras tienen las dimensiones necesarias para soportar las corrientes nominales para las que fueron diseñadas, así como las corrientes de cortocircuito, sin sufrir daños que reduzcan sus condiciones de operación (Freire, 2014).

Figura 17. Centro de carga



Elaborado por: Veloz, K. y Yáñez, K. (2022).

8.12.8 Glosario de términos del trabajo

- AWG = (American Wire Gauge) es un conjunto estándar estadounidense de tamaños de conductores de metal no ferroso.
- MCM = (Mil Circular Mil) nos están indicando el área transversal de los conductores eléctricos.

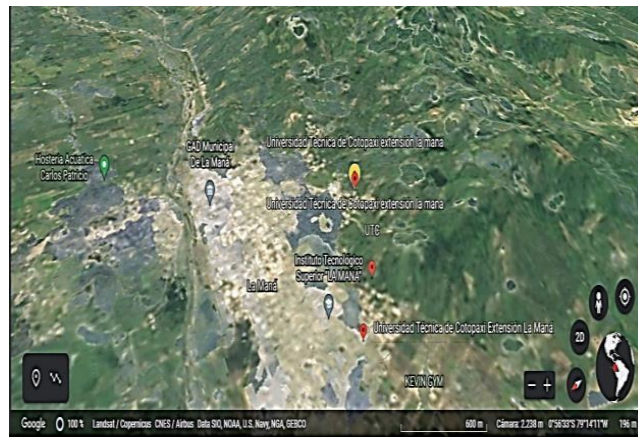
- ONAN = Enfriamiento en aceite a través de convección natural de aire en un transformador.
- SPT = Sistema de puesta a tierra.
- ELEPCO = Operador de distribución Eléctrica de la Provincia de Cotopaxi.
- XLPE = Tipo de aislamiento de polietileno reticulado retardante a la llama y libre de halógenos.

9 METODOLOGÍAS Y DISEÑO EXPERIMENTAL

9.1 Ubicación a ejecutar el proyecto

A través de la aplicación Google Earth se obtiene la ubicación exacta donde se implementó la propuesta tecnológica, la cual nos brindó los siguientes parámetros: 196 metros sobre el nivel del mar, las coordenadas son: 0°56'33"S 79°14 ' 11"An. Estas coordenadas corresponden a un lugar del cantón de Maná, provincia de Cotopaxi.

Figura 18. Localización de infraestructura UTC Bloque B



Elaborado por: Veloz, K. y Yáñez, K. (2022).

La infraestructura del bloque B se encuentra conformada por un edificio de 3 pisos, conformado por aulas, sala de profesores y baños; se cuenta con aulas de laboratorios, cancha sintética y un vivero agronómico. El área aproximada es de 2500 m².

Figura 19. Infraestructura física del Bloque B Extensión La Maná



Elaborado por: Veloz, K. y Yáñez, K. (2022).

9.2 Levantamiento de información del sistema eléctrico de distribución del edificio

9.2.1 Recopilación de la información

Con el fin de realizar este trabajo se llevó a cabo el levantamiento de las instalaciones eléctricas existentes en el sitio, registrando cada una de las cargas eléctricas, identificando los centros de carga existentes, los circuitos de distribución, tableros de distribución y realizando una revisión del sistema de cables eléctricos en ductos y tuberías.

Con respecto al transformador de distribución se verificó a través de la observación de la información de su placa del fabricante; se verificó también el calibre de los cables alimentadores entre cada uno de los tableros de distribución.

En el proceso, se abrió cada uno de los tableros, se verificó su condición física, los calibres de los conductores y los alimentadores, el número de fases, hilos y circuitos. De igual manera se verificó el amperaje de cada uno de los breakers en los tableros.

Para el análisis del estado actual de las instalaciones se realizó mediciones de valores eléctricos en puntos clave del sistema de 220 V y 110 V para determinar observaciones y trabajos a realizarse.

9.3 Descripción del sistema eléctrico

Este apartado, se presenta la evaluación realizada en el sistema de distribución de energía eléctrica del edificio de Bloque B de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

9.3.1 Acometida eléctrica del edificio

9.3.1.1 Acometida en media tensión

El bloque B se alimenta eléctricamente desde una línea eléctrica en media tensión de 13.8KV trifásica. La acometida eléctrica es subterránea hacia el lado de alta tensión del transformador de potencia, con calibres de conductores 3/0 AWG, esta instalación es realizada por la empresa operadora de distribución ELEPCO.

El equipo principal que distribuye la energía en el edificio es el transformador PadMounted de 50 KVA, cuyas conexiones en MT/BT se detalla en la Figura 20. La salida del transformador

en baja tensión tiene una conexión en estrella con neutro aterrizado sólidamente, entregando un voltaje trifásico teórico de 220V entre líneas y de 110 V entra línea y neutro así:

$$X1 - X2 = 220 \text{ V}$$

$$X1 - X0 = 110 \text{ V}$$

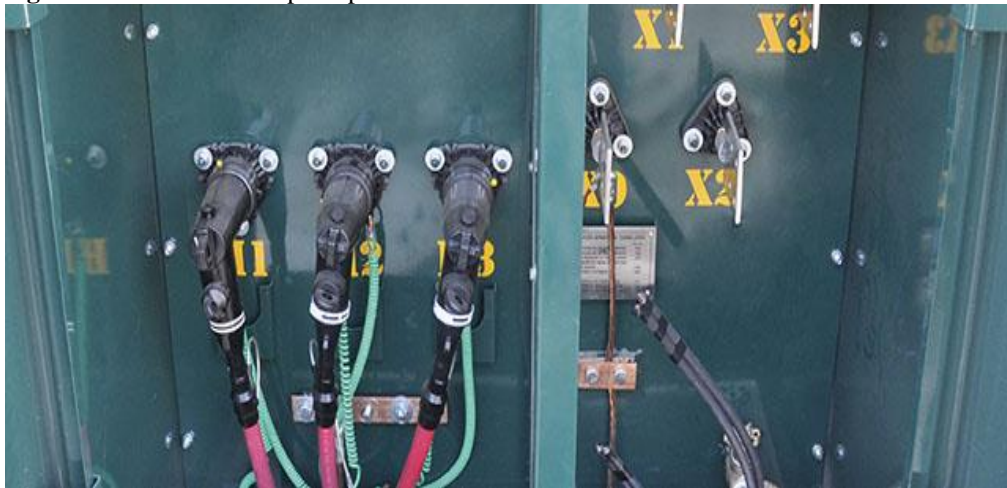
$$X2 - X3 = 220 \text{ V}$$

$$X2 - X0 = 110 \text{ V}$$

$$X3 - X1 = 220 \text{ V}$$

$$X3 - X0 = 110 \text{ V}$$

Figura 20 Transformador principal de Potencia 50 KVA 13.8 KV/220V



Elaborado por: Veloz, K. & Yáñez, K. (2022).

Los datos de la placa del transformador mostrados en la Tabla 10 son necesarios para posteriormente determinar los calibres de los alimentadores al tablero principal de distribución de bloque.

Tabla 10. Datos de placa del transformador 50 KVA

DATOS DEL TRANSFORMADOR T1 (50 KVA)		
DETALLES	VALORES	
Potencia nominal	50	KVA
Marca	ECUATRAN	
Tipo enfriamiento	OA	
Eficiencia	98,00	%
Voltaje primario	13,8	KV
Voltaje secundario	220	V

Corriente primaria	2,09	A
Corriente secundaria	143	A
Tensión cortocircuito (vcc%)	4.6	%
Grupo conexión	Dyn5	Estrella a tierra

Elaborado por: Veloz, K. y Yáñez, K. (2022).

9.3.1.2 Acometida en baja tensión

La acometida eléctrica en baja tensión tiene una acometida eléctrica subterránea, de 4 hilos (3 fases y un neutro) que va desde el transformador hacia la caja del medidor de energía, con calibres de conductores 3/0 AWG, esta instalación es igualmente realizada por la empresa operadora de distribución ELEPCO.

9.4 Sistema de distribución del bloque B en BT (baja tensión)

9.4.1 Descripción de los componentes del sistema de distribución en BT

El sistema eléctrico en BT del edificio comprende desde los alimentadores a la salida del medidor hacia los tableros principales, secundarios y centros de carga y sus características son las siguientes:

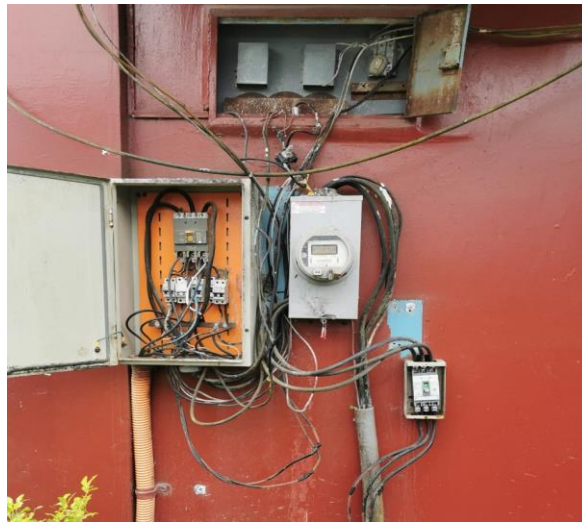
- Un alimentador principal al tablero de distribución principal (TDP), con los conductores que salen del medidor hacia y llegan al TDP
- Un tablero de distribución principal (TDP). El cual se encarga de la distribución de la potencia eléctrica hacia los subtableros secundarios
- Un tablero de distribución secundario 1 (TDS1), el cual brinda energía eléctrica a la planta baja, primer piso, segundo piso del edificio principal del Bloque B, en este se encuentran las aulas de clase, baños y sala de profesores.
- Un tablero de distribución secundario 2 (TDS2), el cual brinda energía eléctrica a las instalaciones de laboratorios del Bloque B.
- Conjunto de alimentadores secundarios hacia los centros de carga. Parte de los tableros de distribución secundarios.
- Centros de carga (CD-NN), los cuales reciben energía de los alimentadores secundarios de los tableros TDS1 y TDS2, estos se encargan de distribuir la energía en circuitos de iluminación y de fuerza en cada planta y laboratorios.

- Un sistema de puesta a tierra (SPT) basado en una malla de electrodos de cobre enterradas, junto con los sistemas de conductores desnudos y barraje en cada tablero.

9.4.1.1 Disposición física de los componentes del sistema de distribución en BT

Con el propósito de hacer una descripción más detallada del sistema eléctrico del Bloque se presenta a continuación una reseña de cada lugar y los componentes ubicados en ellos que distribuyen energía a cada uno de los circuitos.

Figura 21. Acometida y tablero de distribución antiguo



Elaborado por: Veloz, K. y Yáñez, K. (2022).

- **Entrada del bloque:** Se encontró la acometida trifásica eléctrica de baja tensión, el medidor de energía, el transformador de potencia de 50 KVA y el tablero de distribución principal TDP, el alimentador principal de distribución, como se aprecia en la figura 21.
- **Planta baja edificio:** En este piso se encontró el tablero de distribución 1 (TDS1), que alimenta a los centros de carga de las aulas 1, 11, 12,13, sala de docente y el circuito de alumbrado de la cancha sintética. En cada aula se tiene circuitos de iluminación (CA), tomacorrientes y de aire acondicionado (CC).
- **Primer piso edificio:** En este piso se encontró los centros de carga de las aulas 14, 15,16, 17, sala de docentes. En cada aula se tiene circuitos de iluminación (CA), tomacorrientes y de aire acondicionado (CC).

- **Segundo piso edificio:** En este piso se encontró los centros de carga de las aulas 18, 19, 20, 21, sala de docentes. En cada aula se tiene circuitos de iluminación (CA), tomacorrientes y de aire acondicionado (CC).
- **Planta baja laboratorios:** En este piso se encontró el tablero de distribución secundario (TDS2) y los centros de carga de las aulas de laboratorios 9B, 10B y de Taller. En cada aula se tiene circuitos de iluminación (CA), tomacorrientes y de aire acondicionado (CC).

9.4.1.2 Obtención de planos de la infraestructura

Se procede a su vez a la obtención de los planos de la infraestructura del bloque B, en la cual se detallan la distribución de los espacios físicos y donde se realizará la colocación y actualización de la distribución eléctrica de iluminación, tomacorrientes y cargas especiales.

9.5 Análisis del sistema del antiguo sistema eléctrico

La calidad del Sistema Eléctrico del Bloque B es un aspecto de primer orden, debido a la importancia de las cargas existentes y la confiabilidad que el suministro sea el adecuado. Ésta depende del correcto funcionamiento y operación de todos los aparatos del sistema de Distribución interno del edificio.

La red de distribución interna, a partir de alimentador de baja tensión, al cuadro principal (TDP) y a los cuadros de distribución (TDS1 y TDS2), es un sistema radial simple, contaba con instalaciones eléctricas “provisionales” inseguras y fuera de norma.


Estos problemas causan una baja en la confiabilidad del sistema, valores inadecuados de voltajes, corrientes en distintos puntos de la red. Actualmente, se ha recopilada información de fallos y daños en base a la observaciones y mediciones en los tableros de distribución y en distintos puntos estratégicos del bloque a fin de identificar sus deficientes y proponer el sistema eléctrico implementado posteriormente.

9.5.1 Análisis de tableros de distribución y alimentadores

Las observaciones físicas de las partes visibles del sistema eléctrico se detallan en la siguiente Tabla 11.

Tabla 11. Listado de observaciones físicas al antiguo sistema eléctrico

Punto	Observación	Problema
<p>Tablero principal</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Breakers fuera de tablero • Puntos calientes por conexiones en un mismo punto • Conductores sulfatados 	<p>Probabilidad de cortocircuito severo entre fases, sulfatación de componentes. Deterioro aislamiento de conductores</p>
<p>Alimentador principal</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Alimentadores sulfatados • Mangueras de acometida deteriorada • Cable de tierra roto 	<p>Daños en aislamiento de conductores Fallas a tierra Pérdida de puesta a tierra de la instalación</p>
<p>Tablero de distribución 1 (Edificio)</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Incorrecta distribución de fases • Barraje de distribución sulfatado • Conductores desorganizados • Contactor de iluminación sucio • Selector de ON/OFF de iluminación sintética no funciona 	<p>Corrientes desequilibradas entre las fases Voltajes desequilibrados entre las fases Cortocircuito No encendido de iluminación</p>
<p>Tablero de distribución 2 (Laboratorios)</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Incorrecta distribución de fases • Falta breakers de distribución • Conductores desorganizados • Empalmes de conductores incorrectos 	<p>Cortocircuito entre fases Sulfatación de componentes</p>
<p>Transformador de potencia</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Carcaza exterior oxidada • Etiquetas sucias • Ajuste de conexiones internas 	<p>Cortocircuito interno por entrada de roedores Riesgo de manipulación de personas</p>

<p style="text-align: center;">50 KVA</p> 		
---	--	--

Elaborado por: Veloz, K. y Yáñez, K. (2022).

Las observaciones eléctricas del sistema eléctrico se detallan en la tabla 12, siendo que se ha medido voltajes, corrientes, frecuencia y forma de las ondas en el tablero de distribución Principal (TDP), tablero de distribución del edificio (TDS1), tablero de distribución de Laboratorios (TDS2). Las mediciones se realizaron con los siguientes equipos como se muestra en la Figura 22 y Figura 23.

- **Multímetro pinza amperimétrica**
 - Marca = Klein Tools
 - Modelo = CL600
 - Mediciones realizadas = Voltaje, corriente
- **Osciloscopio eléctrico**
 - Marca = Hantek
 - Modelo = 7472
 - Mediciones realizadas = Ondas voltaje, frecuencia


Figura 22. Equipos de medición Pinza Amperimétrica



Elaborado por: Veloz, K. y Yáñez, K. (2022).

Las mediciones y problemas encontrados son los siguientes:

Tabla 12. Mediciones eléctricas en tableros eléctricos

PUNTO	MEDICIÓN	PROBLEMA
		
Tablero Principal	Medición de voltajes Fase1-Fase2= 218V Fase1 – Neutro = 109 V Fase2-Fase3= 217V Fase2 – Neutro = 108 V Fase1-Fase3= 214V Fase3 – Neutro = 105 V Frecuencia = 59.6 Hz Medición de corrientes Fase 1= 35 A Fase 2= 20 A Fase 3= 65 A	No existen problemas de caída de voltaje. Existe mala redistribución de fases que produce corrientes desbalanceadas
Tablero de distribución 1 (Edificio)	Medición de voltajes Fase1-Fase2= 214V Fase1 – Neutro = 107 V Fase2-Fase3= 212V Fase2 – Neutro = 105 V Fase1-Fase3= 208V Fase3 – Neutro = 104 V Frecuencia = 59.7 Hz Medición de corrientes Fase 1= 35 A Fase 2= 20 A Fase 3= 65 A	Existe mala redistribución de fases que produce corrientes desbalanceadas. Caída de voltaje en la línea. Fase 3, supera el límite permitido de 5%.
Tablero de distribución 2 (Laboratorios)	Medición de voltajes Fase1-Fase2= 207V Fase1– Neutro = 105 V Frecuencia = 59.4 Hz Fase2 - Neutro = 102 V Medición de corrientes Fase 1= 8 A Fase 2= 13 A	Caída de voltaje en la línea. Fase 3, supera el límite permitido de 5%.

Elaborado por: Veloz, K. y Yáñez, K. (2022).

9.5.2 Análisis de mediciones en puntos de tomacorrientes y luminarias

Se realizó mediciones de voltajes y frecuencia en un punto de cada planta y de los laboratorios para evidenciar problemas de suministro eléctrico en términos de los parámetros

principales como son el voltaje, corriente y frecuencia. Se uso los mismos equipos de medición detallados en el punto anterior.

Tabla 13. Mediciones eléctricas en tomacorrientes de aulas y aires acondicionados


UBICACIÓN	PUNTO	MEDICIÓN	PROBLEMA
Planta baja Aula 13 Caja CD-04	Tomacorriente normal	Voltaje FN= 99 V Frecuencia = 59.6 Hz	Caída de voltaje en la línea. Tomacorriente sulfatado
Planta baja Aula 13 Caja CD-04	Tomacorriente aire acondicionado	Voltaje FN= 203 V Frecuencia = 59.5 Hz	Caída de voltaje en la línea. Supera el límite permitido de 5%. Debería tener 209 V
Primer piso Aula 15 Caja CD-07	Tomacorriente normal	Voltaje FN= 108 V Frecuencia = 60 Hz	Incorrecta colocación de fase y neutro en el tomacorriente.
Primer piso Aula 15 Caja CD-07	Tomacorriente aire acondicionado	Voltaje FN= 212V Frecuencia = 60 Hz	Ningún problema.
Segundo piso Aula 20 Caja CD-15	Tomacorriente normal	Voltaje FN= 104 V Frecuencia = 59.8 Hz	Incorrecta colocación de fase y neutro en el tomacorriente.
Segundo piso Aula 20 Caja CD-15	Tomacorriente aire acondicionado	Voltaje FN= 212 V Frecuencia = 59.7 Hz	Ningún problema.
Laboratorios Aula 9B Caja CD-17	Tomacorriente normal	Voltaje FN= 101 V Frecuencia = 59.5 Hz	Caída de voltaje en la línea. Supera el límite permitido de 5%. Debería tener 104.5 V
Laboratorios Aula 9B Caja CD-17	Tomacorriente aire acondicionado	Voltaje FN= 210 V Frecuencia = 59.4 Hz	Caída de voltaje en la línea. Supera el límite permitido de 5%. Debería tener 209 V.
Laboratorios Aula 10B Caja CD-20	Laboratorio Taller Electromecánica	Voltaje FN= 95 V Frecuencia = 59.5 Hz	Caída de voltaje en la línea. Supera el límite permitido de 5%. Debería tener 104.5 V, cuando trabajan los motores

Elaborado por: Veloz, K. y Yáñez, K. (2022).

Como se aprecia en los valores medidos los principales problemas que se tienen que solucionar son las revisiones y cambios de los equipos, para mediante cálculos lograr mejorar los problemas de caída de voltaje y los riesgos de daños eléctricos de las cargas conectadas. A su vez la falta de mantenimiento conlleva al deterioro de los equipos. El mantenimiento es vital para una adecuada operación del sistema y constituye una clave para conservar la continuidad del servicio en un punto de operación confiable.

9.5.3 Análisis del sistema de puesta a tierra

Tabla 14. Mediciones de sistema de puesta a tierra

PUNTO	OBSERVACIÓN	PROBLEMA
Sistema de puesta a tierra 	<ul style="list-style-type: none"> • Neutro y tierra no están diferenciados en los tableros • La malla de electrodos de tierra no está visible y la caja de revisión esta tapada • No existe barra de tierra colectoras en los tableros • Mala distribución de neutro y tierra 	Riesgo de electrocución de personas ante fallas de equipos Posible circulación de corrientes del neutro por partes metálicas

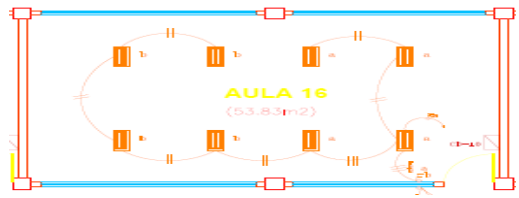
Elaborado por: Veloz, K. y Yáñez, K. (2022).

9.5.4 Análisis de Luminotecnia

Se realiza el estudio de la iluminación en un aula del edificio, ya que todas las aulas presentan similares características cantidad de lámparas, área y altura, se puede generalizar el estudio tomando como muestra una de ellas.

Especificaciones del lugar de estudio de luminotecnia:

Tabla 15. Especificaciones técnicas para análisis de luminotecnia

ESPECIFICACIONES	DISPOSICIÓN FÍSICA
Lugar = Aula 16 Área = 53.83 m ² Altura = 3.8m Lámparas = Fluorescentes tubulares dobles, longitud 1500mm, potencia 58 W, Flujo = 4800 lúmenes. Cantidad de lámparas = 8	

Elaborado por: Veloz, K. y Yáñez, K. (2022).

La consideración respecto a la cantidad de iluminación requerida puede ser en base al espacio como se aprecia en la siguiente figura.

Figura 23. Iluminación en base al espacio.

Espacio	CANTIDAD DE ILUMINANCIA (LUX)		
	Mínimo	Recomendado	Óptimo
Dormitorio	100	150	200
Cuarto de aseo	100	150	200
Cuarto de estar	200	300	500
Cocina	100	150	200
Cuarto de estudio	300	500	750
Conexiones	50	100	150
Baños	75	100	100

Elaborado por: Veloz, K. & Yáñez, K. (2022).

CALCULOS

- Para un aula de estudio la cantidad de iluminación óptima en un ambiente de estudio requerida es de 700 Luxes según la recomendación.

La fórmula requerida de la iluminancia (E) es:

$$E = \frac{\varphi}{A} \quad [Lx] \quad (\text{Ecuación 17})$$

Donde

φ es el flujo luminoso total del lugar

A es el area total en m²

- a) Cálculo del flujo luminoso total

$$\varphi = N^{\circ} \text{ lamparas} * \text{Lumen por lámpara} \quad (\text{Ecuación 18})$$

$$\varphi = 8 * 4800 \text{ lm}$$

$$\varphi = 38400 \text{ lm}$$

- b) Cálculo de la iluminancia el aula

$$E = \frac{38400 \text{ Lm}}{53.83 \text{ m}^2} \quad [Lx]$$

$$E = 712 \quad [Lx]$$

Por lo que el nivel de iluminancia del aula es de 712 Lx y es superior al nivel óptimo recomendado para los estudios. Se procede a validar el estudio y la cantidad de lámparas por salón.

9.6 Implementación del sistema eléctrico nuevo y reacondicionado

Una vez analizado el sistema eléctrico del bloque B, e identificadas sus fallas, el siguiente paso es mejorar e implementar la nueva configuración para la red de distribución, más adecuada a las exigencias del bloque. Tomando en consideración, en la medida de lo posible,

el reutilizar los equipos existentes en el sistema actual, para hallar una solución económicamente viable.

El punto clave de la implementación es la readecuación de los tableros principales y la redistribución de cargas en los tableros. A su vez se realiza la división del sistema en subsistemas con acometidas independientes. Ésta será la base para un nuevo arreglo de la red eléctrica de distribución y presentar realizar mediciones para evidenciar mejoras en la calidad de la energía.

9.6.1 Dimensionamiento del alimentador principal de baja tensión

Para determinar el cable ideal desde el medidor al TDP se calcula la corriente de salida del transformador en baja tensión y se le incrementa un factor de seguridad del 25% por posible sobrecarga como refiere la NEC Ecuador.

Teniendo en cuenta que:

$$Potencia\ transformador = 50\ KVA$$

$$Voltaje\ lado\ BT = 220\ V$$

De la fórmula de Potencia trifásica aparente se despeja la corriente así:

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} V} \quad (Ecuación\ 19)$$

$$I = \frac{50\ KVA}{\sqrt{3} (220V)} = 131\ A$$

La corriente que debe soportar los conductores de cada una de las fases es 25% superior a la calcula por motivo de seguridad:

$$I_{FASE} = 131\ A * 1,25 = 164\ A \quad (Ecuación\ 20)$$

La corriente que debe el conductor neutro para sistemas trifásicos de baja tensión con cargas no lineales debe ser dimensionada al 173% de acuerdo con la norma NEC (Código eléctrico Nacional)

$$I_{NEUTRO} = 131\ A * 1,73 = 226\ A \quad (Ecuación\ 21)$$

El calibre del cable de tierra debe ser el mismo del calibre del cable de sus fases.

Los calibres de los 5 conductores del alimentador son:

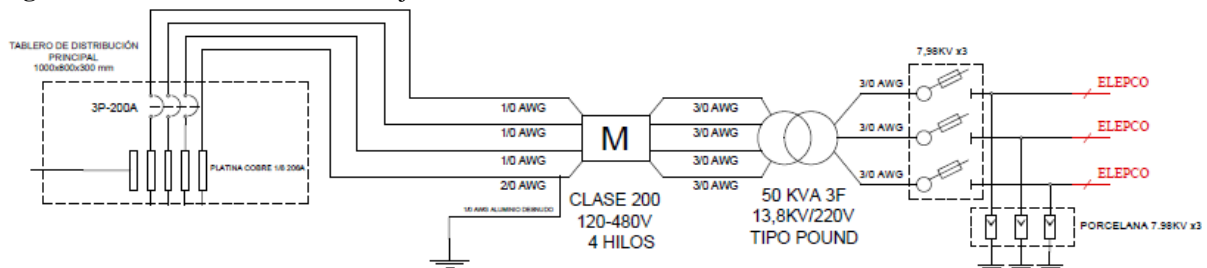
Fase1, Fase 2, Fase 3 = 1/0 AWG, con cubierta PVC, THHN a 90°C

Neutro = 2/0 AWG, con cubierta PVC, THHN a 90°C

Tierra = 1/0 AWG, cable desnudo

El neutro en los sistemas eléctricos de baja tensión será intencionalmente conectado al neutro únicamente en el tablero de distribución principal (TDP), el cual se dirige con el conductor de tierra al electrodo de puesta a tierra y por ello también se le denomina: “conductor puesto a tierra” (Grounded). El sistema de acometida se muestra en la figura.

Figura 24. Acometida eléctrica de baja tensión.



Elaborado por: Veloz, K. y Yáñez, K. (2022).

9.6.2 Dimensionamiento del tablero de distribución principal

Se realiza los siguientes trabajos en el TDP

- Cambio tablero con envolvente metálica de 80 x 80 x 25 cm.
- Cálculo de breaker Principal. - Debe ser igual o el inmediato superior a la corriente de la fase.

Si

$$I_{FASE} = 131 A * 1,25 = 164 A \quad (\text{Ecuación 22})$$

$$I_{BRAKER} = 180 A, \text{ corriente nominal comercial}$$

Se elige un breaker de 250 Amperios con capacidad de regulación desde 150 A hasta 250 A

- Colocación sistema distribución por barras. – Las barras deben soportar las corrientes máximas de fases y neutro.
- Se elige pletina de cobre de 1 pulgada de ancho x 1/8 de grosor, con capacidad de corriente de 250 A
- Colocación terminales y conductores DP. Se eligen terminales tipo Talón para cable calibre 2/0 AWG y terminales tipo ojo para cable 1/0, 2/0 y 4 AWG.
- Mejoramiento de orden y etiquetado. - Se realiza el etiquetado de conductores, pintado de barras y reemplazo y colocación del tablero en el sitio.

Figura 25. Tablero eléctrico distribución principal TDP



Elaborado por: Veloz, K. y Yáñez, K. (2022).

9.6.3 Dimensionamiento del tablero de distribución 1 (Edificio)

Se realiza los siguientes trabajos en el TD1

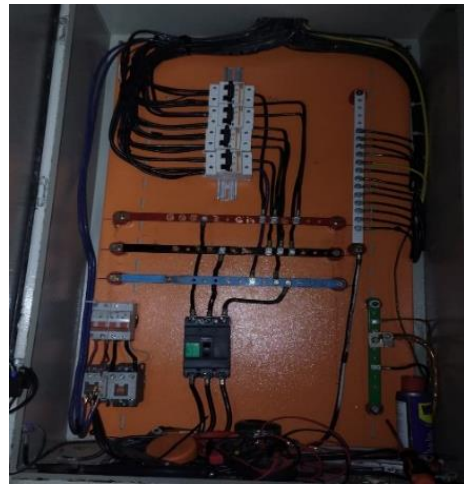
- Limpieza de tablero y organización de componentes.
- Cambio de barra de neutro y barra de fase N°2 sulfatada.
- Peinado de los cables alimentadores de cada caja hacia las aulas.
- Se independiza la alimentación de cada piso por medio de Breaker.
- Cambio de contactor de iluminación de cancha.
- Cambio de selector de encendido y apagado de iluminación.
- Se redistribuyen conductores de fase de manera equitativa para cada uno de los subcircuitos de la planta baja, primer piso y segundo piso.

Figura 26. Cambio de mandos y selectores



Elaborado por: Veloz, K. y Yáñez, K. (2022).

Figura 27. Tablero eléctrico acondicionado y redistribuido cargas



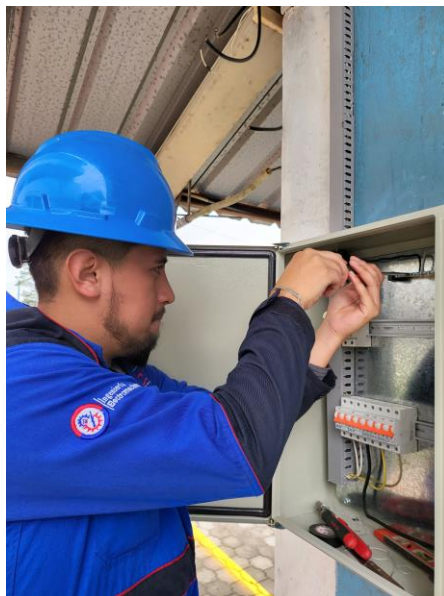
Elaborado por: Veloz, K. y Yáñez, K. (2022).

9.6.4 Dimensionamiento del tablero de distribución 2 (Laboratorio)

Se realiza los siguientes trabajos en el TD2

- Cambio tablero con envolvente metálica de 80 x 80 x 25 cm.
- Se organiza cableado
- Se coloca Breaker para cada salida a las cajas
- Se coloca el alimentador de entrada en una canaleta ranurada de 40 x 20 cm

Figura 28. Diseño y colocación de tablero de distribución



Elaborado por: Veloz, K. y Yáñez, K. (2022).

9.6.5 Comprobación de alimentadores secundarios

Los conductores alimentadores secundarios que se comprobaron su estado e integridad son los siguientes:

Alimentador al tablero TDS1.- compuesto por 4 líneas, un cable por fase con calibre 4 AWG, que soporta una capacidad de corriente de 95 A, las características del conductor son:

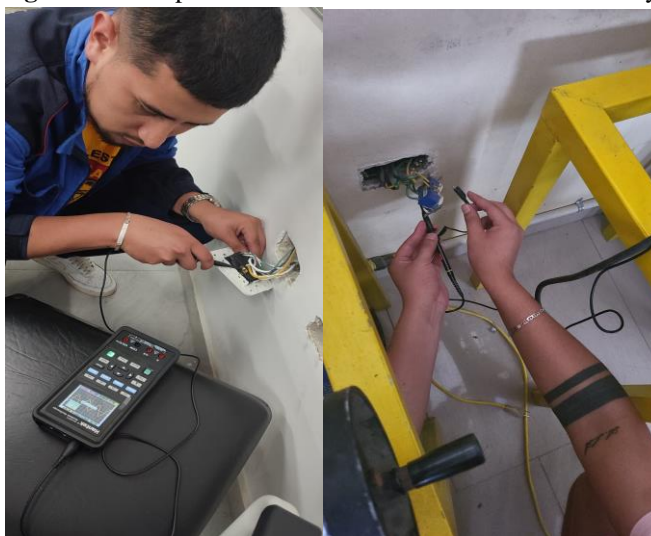
- **Hilos** = 7
- **Tipo THHN de General:** Cable es un producto respetuoso con el medio ambiente, ya que el compuesto de PVC utilizado como aislante no contiene plomo.
- **Aislamiento:** Cloruro de polivinilo (PVC) de 90°C (194°F) resistente a la humedad, no propaga la llama.
- **Chaqueta:** Nylon cristalino resbaladizo, resistente a aceites, gasolina y productos químicos.

Alimentador al tablero TDS2.- compuesto por 3 líneas, y 3 cables por cada fase con calibre de 3 x 10 AWG de aluminio que soporta una capacidad de corriente de 105 A

9.6.6 Comprobación de tomacorrientes y cables de circuitos de fuerza

El estado de los tomacorrientes del edificio y de los laboratorios se comprueba a fin de identificar la correcta colocación del conductor de fase, del conductor de neutro y del conductor de tierra como se aprecia en la Figura 30.

Figura 29. Comprobación de conexiones de tomacorrientes y conductores de circuito



Elaborado por: Veloz, K. y Yáñez, K. (2022).

Se verifica que los circuitos de tomacorriente cumplen con:

- El conductor de fase es calibre #12AWG de colores negro, amarillo en las instalaciones
- El conductor de neutro es de calibre #12 AWG y de color blanco
- EL conductor de tierra es de calibre #12 AWG y de color verde

9.7 Generación de planos eléctricos

Una vez identificados todos los componentes y realizadas las adecuaciones de cargas y circuitos eléctricos pertenecientes al edificio se procedió a diseñar los planos eléctricos, esto servirá de futuro para estimar remodelaciones y analizar incrementos de carga que pueda tener el edificio.

De la verificación se procedió a esquematizar la ubicación de equipos y circuitos eléctricos existentes en los planos arquitectónicos en el Software AutoCAD 2020 como se puede apreciar en los anexos siguientes:

- **Anexo 1.-** Circuito de iluminación de Planta baja de edificio, primera planta, segunda planta
- **Anexo 2.-** Circuito de fuerza de Planta baja de edificio, primera planta, segunda planta
- **Anexo 3.-** Circuito de iluminación y fuerza de laboratorios

9.8 De la disposición esquemática de los componentes

Durante la realización de este trabajo, una vez identificado los componentes con sus ubicaciones y partes se procede a generar los diagramas unifilares y trifilares de las instalaciones eléctricas donde se incluyen:

Nombre de los tableros y centros de carga en cada ubicación, calibres de alimentadores y aparatamiento de protección observada. Los detalles se presentan en los siguientes anexos:

- **Anexo 4.-** Diagrama unifilar y multifilar del Edificio Bloque B
- **Anexo 5.-** Diagrama unifilar y multifilar de los Laboratorios del Bloque B

10 ANALISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.

En este punto se da a conocer los resultados obtenidos del proyecto, empezando con el proceso de reacondicionamiento a fin de dar a conocer cómo se desarrolló el diseño de la red de baja tensión; después de lo cual, se da a conocer los resultados de las medidas y cálculos en los diferentes circuitos, de iluminación, fuerza y alimentadores.

10.1 Readecuación del transformador de potencia 50 KVA

Se realiza el reacondicionado del ambiente y pintura del transformador de potencia, a fin de cumplir con la norma NEC 10 (Norma Ecuatoriana de la Construcción. Cap.15 Instalaciones electromecánicas) la cual 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.

En el equipo se realiza mantenimiento exterior, de entradas de ductor y de acometidas eléctricas como se muestra en la Figura 31 y Figura 32.

Figura 30. Proceso de reacondicionamiento de transformador



Elaborado por: Veloz, K. y Yáñez, K. (2022).

Figura 31. Transformador de potencia 50 KVA reacondicionado



Elaborado por: Veloz, K. y Yáñez, K. (2022).

10.2 Implementación del nuevo tablero principal de distribución

El presente tablero es construido cumpliendo con la norma NATSIM para la correcta instalación de acometidas, medidores, transformadores y otros servicios eléctricos como exigen las operadoras de red en nuestro país.

Figura 32. Tablero con barraje y código de colores de acuerdo con normativa



Elaborado por: Veloz, K. y Yáñez, K. (2022).

El tablero se implementa con el interruptor regulable de 250 Amperios, Marca ABB, que alimenta a un sistema de barrajes trifásicos independientes y pintado de acuerdo al código de colores para conductores que establece la NEC como se aprecia en la Figura 33.

También se muestra la barra de neutro y la barra de tierra que recoge los conductores de los circuitos secundarios. El peinado de los conductores de los tableros también es un indicativo de la calidad de la implementación.

La organización de los cables alimentadores en ductos y mangueras cumpliendo con la normativa fue requerida para preservar el estado de estos como se muestra en la Figura 34.

Figura 33. Implementación de ductos de manguera para alimentar principal

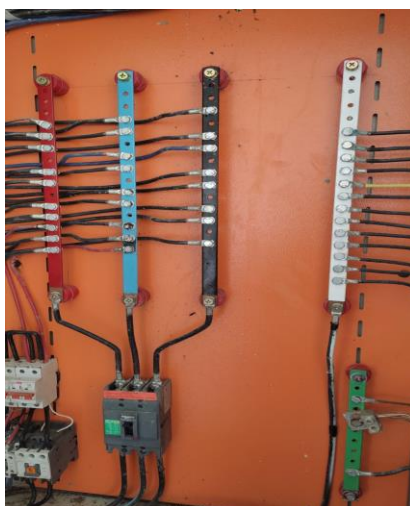


Elaborado por: Veloz, K. y Yáñez, K. (2022).

10.3 Reacondicionamiento de tablero de distribución secundario 1 (Edificio)

En el presente tablero es donde surgía el problema de la incorrecta redistribución de cargas como se observa en la Figura 35. Lo que ocasionada que existen corrientes muy desbalanceadas en cada una de las fases.

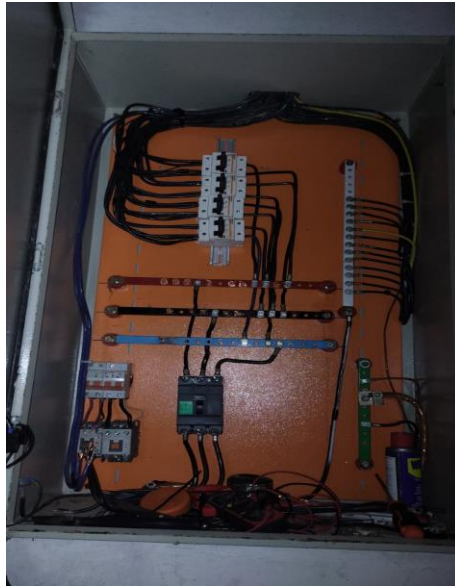
Figura 34. Instalación antigua de cables alimentadores



Elaborado por: Veloz, K. y Yáñez, K. (2022).

Como solución, se realizó la identificación de cada uno de los cables que se dirigen a los alimentadores secundarios hacia los centros de carga, posteriormente se distribuyó de una manera equitativa en breaker termomagnéticos independientes para cada piso como se aprecia en la Figura 36.

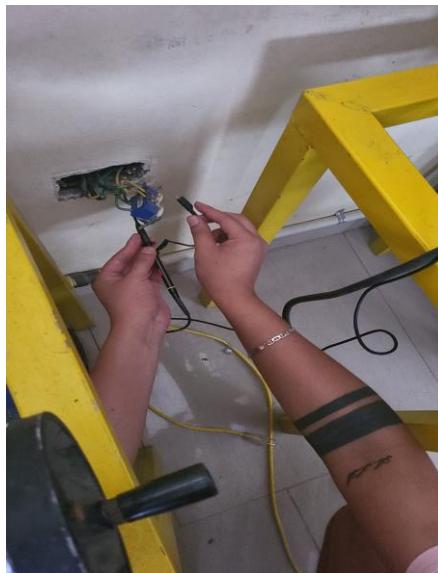
Figura 35. Diagrama de tablero redistribución de alimentadores de piso



Elaborado por: Veloz, K. & Yáñez, K. (2022).

En el mismo tablero se realizó mantenimiento al contactor y el selector de encendido de iluminación de la cancha sintética del bloque como se aprecia en la Figura 37.

Figura 36. Mantenimiento de iluminación de cancha sintética



Elaborado por: Veloz, K. & Yáñez, K. (2022).

10.4 Implementación del nuevo tablero secundario de distribución (laboratorios)

El tablero en cuestión se implementa para cumplir con la norma NATSIM, en él se independiza los alimentadores hacia los centros de carga mediante breaker termomagnético y se asegura el ducto de los alimentadores con canaleta como se aprecia en la Figura 35.

Figura 37. Implementación de tablero de distribución secundario laboratorios



Elaborado por: Veloz, K. y Yáñez, K. (2022).

10.5 Mediciones para comprobación de mejoramiento del suministro eléctrico

Se realizó tres mediciones en puntos estratégicos para comprobar el mejoramiento del suministro eléctrico en términos de sus parámetros principales de voltaje y frecuencia.

PUNTO 1.- Tablero de distribución principal

Medición de voltajes

Fase1-Fase2= 219V

Fase2-Fase3= 218V

Fase1-Fase3= 216V

Frecuencia = 59.6 Hz, Caída de tensión 1% que se cumple con la norma de <3% en los alimentadores.

Medición de corrientes, como se muestra en la Figura 39.

Fase 1= 35 A

Fase 2= 24 A

Fase 3= 51 A

Figura 38. Mediciones de corrientes en cada una de las fases a) Fase 1 b) Fase 2 c) Fase 3



Elaborado por: Veloz, K. y Yáñez, K. (2022).

Se comprueba que se logra reducir el desequilibrio de corrientes en las fases. No se puede corregir completamente ya que al tener en el sistema cargas monofásicas, estas obligan a consumir corrientes de cada fase de manera desigual en ciertos periodos de tiempo.

PUNTO 2.- Planta baja aula 13 del edificio

El punto con mayor caída de voltaje fue en el aula 13, del circuito de tomacorriente del centro de carga CD-04, que presentó una caída de voltaje superior al 5%.

Figura 39. Mediciones de voltajes en tomacorriente aula 13



Elaborado por: Veloz, K. y Yáñez, K. (2022).

En la nueva medición se tiene:

Tomacorriente normal

Voltaje FN= 106 V

Frecuencia = 59.6 Hz, que corresponde a una caída de voltaje del 3,7% y no supera el límite permitido del 5% en los circuitos derivados. Las mediciones se observan en la Figura 40.

PUNTO 3.- Taller de Electromecánica

El taller de electromecánica cuenta con cargas especiales como motores, variadores de frecuencia que pueden demandar mayor consumo al alimentador. Se procede a realizar una medición a un equipo que posee un motor de 1 HP, voltaje bifásico de 220V y se obtiene los siguientes datos:

Medición de voltajes

Fase1-Fase2= 210V

Frecuencia = 59.4 Hz, con caída de voltaje de 4,7% que no supera el límite del 5%

Medición de corrientes

Fase 1= 4,5 A

Fase 2= 4,8 A

La forma de onda de las señales también se ha capturado con el medidor osciloscopio Hantek como se aprecia en la Figura 41.

Figura 40. Mediciones de valores eléctricos con osciloscopio



Elaborado por: Veloz, K. y Yáñez, K. (2022).

11 IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS).

11.1 Impacto Técnico

El sistema implementado cumple con las normas de seguridad y de implementación nacional y pueden ser sujetos de inspección y auditoría por parte de organismo internos o externos. Se aplicó todos los conocimientos técnicos tanto en la implementación como en el diseño de los planos eléctricos.

11.2 Impacto social

Al ser un sistema renovado y etiquetado de manera correcta ayuda para que los usuarios tengan presente el tipo de infraestructura eléctrica y no realicen maniobras sin conocimiento. Del mismo ayuda a todos los estudiantes de la carrera de Electromecánica a conocer un sistema de distribución correctamente implementado.

11.3 Impacto ambiental

El presente proyecto tiene un impacto ambiental ya que el sistema previene fallas en los cables y tableros que pudieran ocurrir y causar cortocircuitos e incendios que afectan al medio ambiente y los recursos de la institución. A su vez una correcta instalación ahorra costos de energía que en ocasiones se hace uso de combustibles fósiles para la generación en las centrales.

11.4 Impacto económico

Se crea una cultura de ahorro energético por medio de la organización de cables eléctricos, colocación de breaker y mandos, que permitan conectar y desconectar los sistemas cuando sea necesario. El control con un sistema de encendido manual para la iluminación de la cancha sintética también conlleva la posibilidad de ahorro de energía en electricidad.

12 PRESUPUESTO DEL PROYECTO

Dentro de la implementación y readecuación del sistema se considera el costo de los materiales mano de obra; en la tabla 14 mostraremos las partes más importantes que componen el sistema.

Tabla 16. Presupuesto de la implementación del proyecto

PRESUPUESTO DE MATERIALES Y MANO DE OBRA			
CANTIDAD	PRODUCTO	PV	TOTAL
100	Cable 4 7hilos	3,44	343,75
1	Breaker trifásico 3*250abb regulable	325,89	325,89
2	Break 2 polos	7,14	14,29
4	Breaker 1 polo	3,57	14,29
4	Breaker 2*80	17,86	71,43
1	Varilla	5,82	3,8
1	Grillete	1,12	1,12
6	Cable desnudo 1/0 AWG	3,39	27,14
40	Terminales tipo talón 2/0	1,52	60,71
6	Conectores cable 2 AWG, 6 AWG	4,02	24,11
1	riel din	3,57	3,57
1	Platinas de cobre 1/8	31,25	31,25
1	Tablero metálico servicio liviano 60*60*25	175	175
1	Tablero metálico servicio liviano 60*40*2	9,36	59,36
5	Taype 3m	0,69	4,46
1	Cinta auto fundente	13,84	13,84
20	Taco Fisher 5-6	0,04	0,89
20	Tornillos	0,03	0,34
100	Cable prensado de aluminio 3x10 AWG	3,8	580,36
SUBTOTAL 12%			1837,61
TOTAL			2058,12

Elaborado por: Veloz, K. y Yáñez, K. (2022).

13 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

13.1 Conclusiones

- Mediante el estudio realizado se tiene en cuenta la importancia en el suministro eléctrico del bloque B debido a que una falla puede ocasionar pérdida de la energía por largos periodos de tiempo dependiendo de la falla. Sin embargo, con el sistema implementado se puede detectar fallas de manera rápida ya que cuenta con circuitos independientes y tableros independizados.
- El sistema eléctrico de potencia satisface los requerimientos de carga y energía, además debe ofrecer mejores niveles de los parámetros eléctricos importantes de voltajes, corrientes y frecuencia en el suministro. Se ha reducido las caídas de voltaje hacia los circuitos de las cargas y se logró mejorar la distribución de cargas y desbalance de corrientes.
- La red de distribución interna, a partir de los cuadros de distribución, es un sistema radial simple, que paso de ser un sistema con instalaciones “provisionales”, inseguras y fuera de norma, a un sistema basados en normativa eléctrica de la NEC y la NATSIM aplicadas en Ecuador.
- Los planos eléctricos elaborados permiten que los técnicos permitan realizar de manera más eficiente labores de mantenimiento y ampliaciones futuras en la infraestructura. Muchos proyectos nuevos como la instalación de pararrayos, domótica en las aulas ya se pueden implementar de una manera adecuada por el correcto estado de las instalaciones eléctricas.

13.2 Recomendaciones

- En futuras ampliaciones se recomienda disminuir la provisionalidad en las conexiones, colocando circuitos seguros que cumplan con normativas, como las establecidas por el código eléctrico nacional (NEC)
- Actualizar debidamente de la identificación y codificación de los tableros principales y secundarios del sistema y no dañar las existentes.
- Revisar periódicamente las instalaciones puestas a tierra, de las barras y conductores de puesta a tierra para mantener a las personas seguras y protegidas.
- Realizar un estudio Costo – Beneficio de las mejoras de la red de distribución eléctrica y su incidencia en el consumo de las cargas.

14 BIBLIOGRAFIA

- Brown del Rivero. (2011, Primer cuatrimestre de). Electricidad, características y opciones de reforma para México. XXVI. <https://www.redalyc.org/pdf/413/41318401010.pdf>
- cablesyconductores.com. (2021, octubre 8). Tomacorriente. Cables y Conductores Eléctricos. <https://cablesyconductores.com/tomacorriente/>
- Cevallos. (2009). Diseño de media tensión, baja tensión y alumbrado público para la remodelación del sector Caupicho 2 [Universidad Politécnica Salesiana sede Quito]. <https://core.ac.uk/download/pdf/84697006.pdf>
- Cunalata. (2021). Reconstruir las instalaciones eléctricas en el turístico “EL TRUCHON” con el medio el estudio comparativo de normas. [Universidad Técnica de Cotopaxi]. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/7862>
- Darr, W. (2021, octubre 19). ¿Qué es un circuito especial? <https://keepthatshort.com/qu%C3%A9-es-un-circuito-especial>
- Freire, C. (2014). Investigación y en el rediseño del sistema eléctrico mediante y baja tensión de la Facultad de Jurisprudencia de la Universidad de Guayaquil. <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/1802>
- Galvez. (2013). Principios de la Electricidad. http://electricuitos.blogspot.com.es/p/blog-page_26.html
- García. (2014). Estudio del comportamiento de materiales textiles en relación con la electricidad estática [Universidad de Salamanca]. file:///C:/Users/maria/Downloads/DFIRM_GarciaOvejeroR_Estudiodelcomportamientomaterialestextiles.pdf
- Iza, I. M., Medina, I. F., Parra, I. C., Chimarro, I. D., Rosero, I. R., Bonifaccini, I. L. F., Terán, I. S., & Parra, I. F. (2018). Norma Ecuatoriana de la Contrucción. 33.
- Jaigua, C. (2017). Implementación y rediseño de las instalaciones eléctricas del laboratorio ocupacional de Ingeniería Mecatrónica de la Universidad Técnica de Cotopaxi en en la normatividad regional vigente [Universidad técnica de Cotopaxi]. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/4377>
- jdelectricos. (2020, abril 30). Tableros eléctricos: tipos y aplicaciones. <https://jdelectricos.com.co/tableros-electricos/>

- Mazur, G. A. (2014). Principles of earth grounding resistance. atp, American Technical Publishers.
- Pozuelos. (2012). Caída de tensión [Galileo]. <https://es.scribd.com/doc/96471351/Caida-de-Tension>
- Román. (2016). “Proyecto de investigación y diseño de instalaciones mediante la baja tensión para un edificio” [Universidad Santiago de Guayaquil]. <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/5410/1/t-ucsg-pre-tec-iem-75.pdf>
- Sinchi, F. (2017). Diseño y determinación de sistemas de puesta a tierra mediante pruebas de campo con elementos comunes utilizados en la región, incluyendo GEM y electrodo químico. 154.
- sincro. (2018, julio 23). Iluminación interior de viviendas: Tipos e ideas de iluminación. <https://www.bysincro.com/iluminacion-interiores-viviendas/>
- TotalEnergies. (2020, julio 28). ¿Instalación monofásica o trifásica? <https://www.totalenergies.es/es/pymes/blog/instalacion-monofasica-o-trifasica>
- voltium. (2019, mayo 14). ¿Que es trifásica, bifásica y monofásica? Voltimum España. <https://www.voltimum.es/articulos-tecnicos/que-es-trifasica-bifasica-y>
- Zapata. (2021, mayo 30). Electricidad dinámica. <https://www.lifeder.com/electricidad-dinamica/>
- CICE. (2011-2012). Seguridad Industrial Operativa Modulo 1. Guayaquil, Ecuador. Dr. Doupovec, M. (July de 2010). La metodología y planteamiento del problema.
- Obtenido de Blogspot: <http://metodologia02.blogspot.com/2010/07/la-metodologia.html>
- EAFIT, S. O. (mayo de 2010). Guía para realizar de matrices de alertas de investigaciones y tesis desarrollados en la universidad. Recuperado el 20 de 11 de 2013
- El Mercurio. (5 de March de 2010). Ecuador es vulnerable a los terremotos. Obtenido de <http://www.elmercurio.com.ec/233258-ecuador-es-vulnerable-a-los-terremotos/#.VNKaqiWQ0yV>
- El Universo. (29 de September de 2013). Guayaquil, entre las 10 ciudades del mundo más vulnerables a inundaciones. Obtenido de

<http://www.eluniverso.com/vida-estilo/2013/09/29/nota/1519436/guayaquil-ciudades-mundo-mas-vulnerables-inundaciones> 10-

Empresa Electrica del Ecuador. (s.f.). NATSIM.

Fire Department USA. (2015). Incendio. Obtenido de <http://es.wikipedia.org/wiki/Incendio>

Fluke. (2015). Medidores eléctricos y Analizadores de electricidad de Fluke. Obtenido de <http://www.fluke.com/fluke/eces/products/Calidad-Energia-Electrica.htm>

Holguin, M., & Gomezcoello, D. (2010). Analisis de calidad de energía en el nuevo campus de la UPS_G.

IESS. (1988). Decreto ejecutivo 2393 Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del medio ambiente de trabajo.

INEN. (2001). Codigo Electrico Nacional 019., (págs. 4-5).

Kasemir, H. W. (1950). Qualitative survey of the potential, field and charge conditions during a lightning discharge in the thunderstorm cloud. Liepzig, Germany: H. Israel.

NFPA. (2015). Standard for Electrical Safety in the Workplace.

Molar, M. E. 2014. El confort y el entorno: un dilema habitacional. México: Plaza y Valdes

Secretaría de Gestión de Riesgos. (2010). Plan de Emergencias Institucional para Centros Educativos.

Stawsewsky, L. (2005). Lightning Phenomenon - Introduction and Basic Information to Understand the Power of Nature. Wroclaw, Poland: University of technology

15 ANEXOS

Anexo 1: Evidencias fotográficas del desarrollo del proyecto

Foto 1: Implementación de tablero de distribución secundario.



Foto 3: Diagrama de tablero con redistribución de alimentadores por piso.



Foto 2: Implementación de ductos de manguera para alimentar principal.



Foto 4: Mediciones para comprobación de mejoramiento del suministro eléctrico



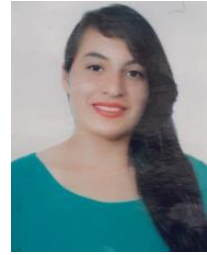
Anexo 2: Hoja de vida del tutor del proyecto de investigación.

DATOS PERSONALES		
Nombres:	William Paul	
Apellidos:	Pazuña Naranjo	
Nacionalidad:	Ecuatoriana	
Fecha de nacimiento:	02 de noviembre de 1993	
Lugar de nacimiento:	Latacunga - Cotopaxi	
Cédula de identidad:	050333859-2	
Estado civil:	Soltero	
Teléfono:	032252645-0998932177	
Dirección domiciliaria:	Calle Simón Rodríguez y Uruguay	
Cantón:	San Felipe	
Correo electrónico:	emporio.ingenieriaelec@gmail.com william.pazuna2@utc.edu.ec	
ESTUDIOS REALIZADOS		
Instrucción primaria:	Unidad Educativa “San José La Salle”	
Instrucción secundaria:	I.T.S “Ramón Barba Naranjo”	
Tercer nivel:	Universidad Técnica de Cotopaxi Ingeniero eléctrico en sistemas eléctricos de potencia	
Posgrado:	Universidad Técnica de Cotopaxi. Magister en Electricidad Mención Sistemas Eléctricos de Potencia.	
CERTIFICADOS OBTENIDOS		
<ul style="list-style-type: none">• Programa de Suficiencia en INGLÉS• Ponencia, V SEMINARIO INTERNACIONAL:• UNIVERSIDADSOCIEDAD 2020• II JORNADAS TECNICAS Y TECNOLOGIAS ELECTRICIDAD 2021• Sexto Congreso Nacional de Electricidad y Energías Alternativas”• II Congreso Internacional de Electromecánica y Eléctrica.• Licencia Profesional Tipo “C”• Certificado en Prevención De Riesgos Eléctricos por SENECYT• Certificado en Prevención De Riesgos Laborales por SENECYT• Certificado en curso de EXCEL AVANZADO.		

MSc. Pazuña Naranjo William Paul
C.I: 050333859-2

Anexo 3: Hoja de vida del estudiante investigador del proyecto

DATOS PERSONALES	
Nombres:	Kaina Micaela
Apellidos:	Veloz Guerra
Nacionalidad:	Ecuatoriana
Fecha de nacimiento:	08 de Noviembre de 1999
Lugar de nacimiento:	Ls Maná
Cédula de identidad:	055031705-1
Estado civil:	Soltera
Teléfono:	0939418006
Dirección domiciliaria:	Calle El Oro Y Sandoval Pasto
Cantón:	La Maná
Correo electrónico:	kaina.veloz7051@utc.edu.ec
ESTUDIOS REALIZADOS	
Instrucción primaria:	Unidad Educativa Dr. Carlos Andrade Marín
Instrucción secundaria:	Unidad Educativa La Maná
Tercer nivel:	
Posgrado:	
CERTIFICADOS OBTENIDOS	
<ul style="list-style-type: none">• Certificado en Torno y fresa• IV congreso internacional de investigación científica UTC la Maná 2019• Certificado de prevención en riesgos laborales• Certificado en suficiencia en ingles	



Veloz Guerra Kaina Micaela
C.I:055031705-1

Anexo 4: Hoja de vida del estudiante investigador del proyecto

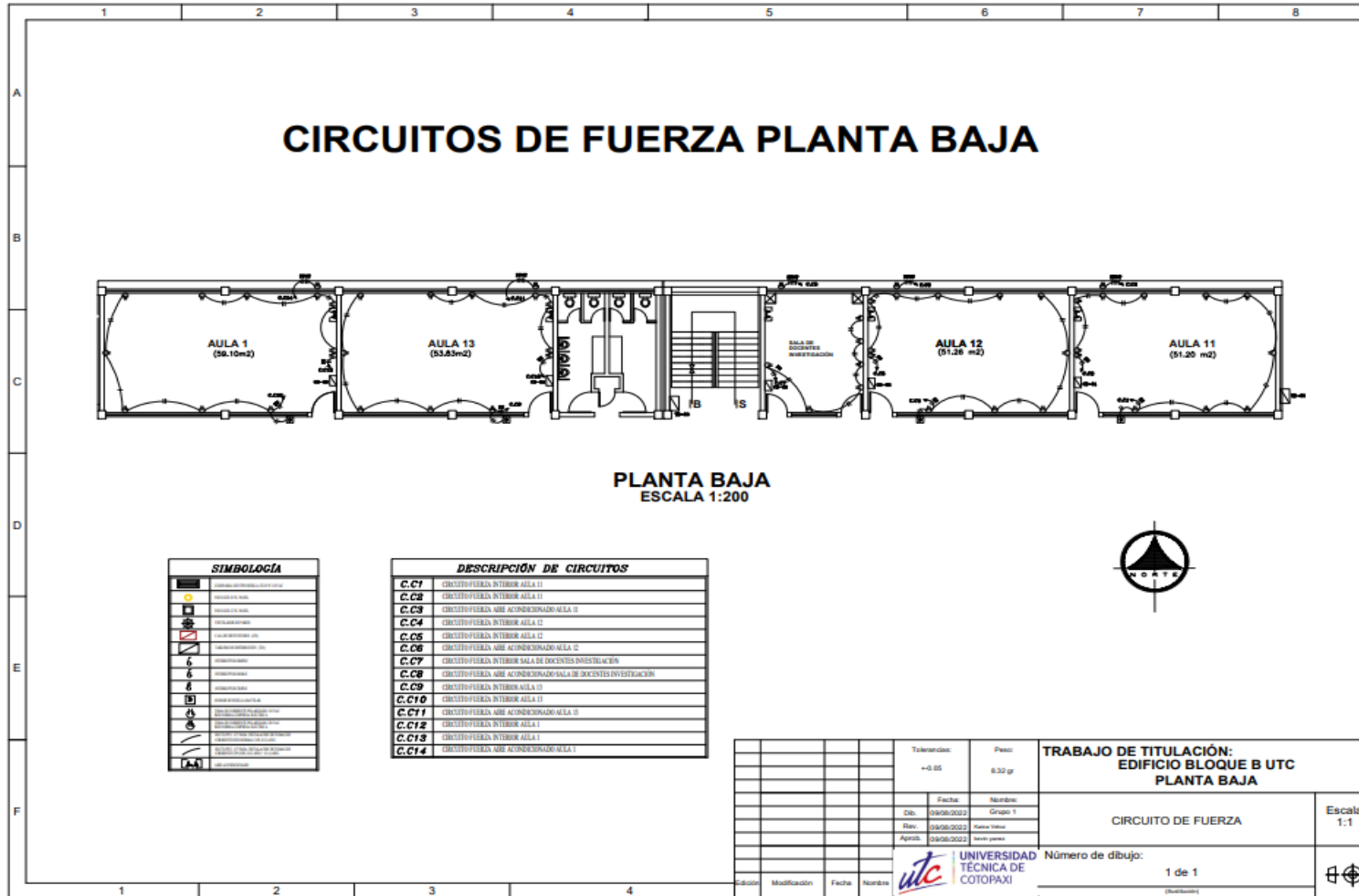
DATOS PERSONALES	
Nombres:	Kevin Alexander
Apellidos:	Yanez Ortega
Nacionalidad:	Ecuatoriana
Fecha de nacimiento:	13 de Febrero de 1997
Lugar de nacimiento:	La Maná
Cédula de identidad:	172557203-4
Estado civil:	Soltero
Teléfono:	0989186888
Dirección domiciliaria:	Av. La Pista Y Benjamín Sarabia
Cantón:	La Maná
Correo electrónico:	kevin.yanez2034@utc.edu.ec
ESTUDIOS REALIZADOS	
Instrucción primaria:	Unidad Educativa Francisco Sandoval Pasto
Instrucción secundaria:	Unidad Educativa Ciudad De Valencia
Tercer nivel:	
Posgrado:	
CERTIFICADOS OBTENIDOS	
<ul style="list-style-type: none">• Certificado en Torno y fresa• IV congreso internacional de investigación científica UTC la Maná 2019• Certificado de prevención en riesgos laborales• Certificado en suficiencia en ingles	



Yanez Ortega Kevin Alexander
C.I: 172557203-4

Anexo 6: Planos de circuitos de fuerza.

Circuito de fuerza de Planta baja de edificio, primera planta, segunda planta



Anexo 9: Diagrama unifilar y multifilar de los Laboratorios del Bloque B.

Diagrama unifilar y multifilar de los Laboratorios del Bloque B

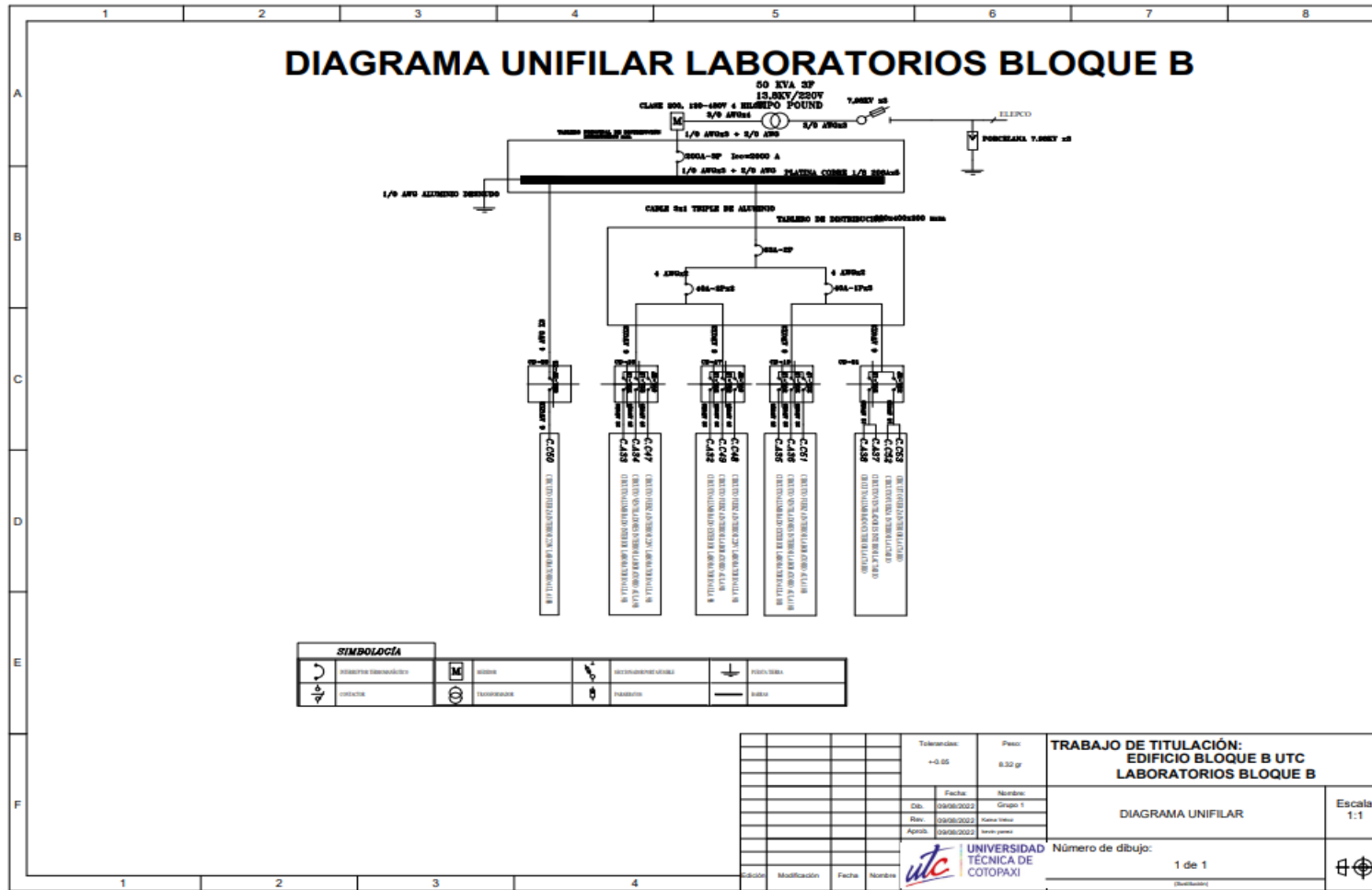
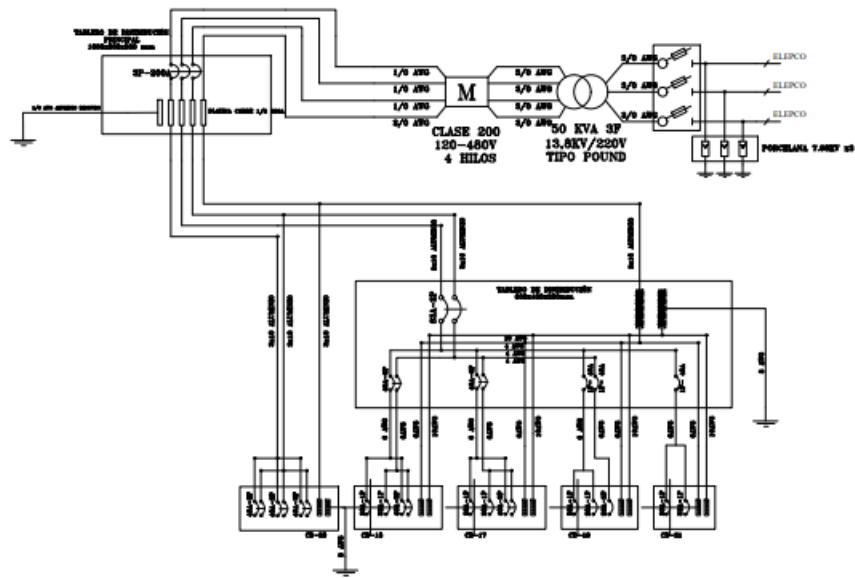


DIAGRAMA TRIFILAR LABORATORIOS BLOQUE B



SIMBOLOGIA	
	TRANSFORMADOR TRIFASICO
	MEDIDA
	INTERRUPTOR DESENFRENADO
	INTERRUPTOR DESENFRENADO
	TIERRA
	TRANSFORMADOR TRIFASICO
	TRANSFORMADOR TRIFASICO
	TRANSFORMADOR TRIFASICO

Tolerancias:		Peso:	TRABAJO DE TITULACIÓN: EDIFICIO BLOQUE B UTC LABORATORIOS BLOQUE B	Escala 1:1
+0.05		0.32 gr		
Fecha:	Nombre:	DIAGRAMA MULTIFILAR		
Dib. 09/08/2022	Grupo 1			
Rev. 09/08/2022	Katze Inusa			
Aprob. 09/08/2022	Kevin perez	Número de dibujo:	1 de 1	
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI		(Distribución)		

Anexo 10: Materiales usados para la implementación del proyecto.

Materiales usados en la implementación

Tablero



Taipe



Terminales



Interruptor Termomagnético



Breakers



Doble fondo



Elementos fijación



Cable eléctrico



Anexo 11: Aval de traducción de idioma ingles



**CENTRO
DE IDIOMAS**

AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal CERTIFICO que:

La traducción del resumen al idioma inglés del proyecto de investigación cuyo título versa: **“REDISEÑO Y ACONDICIONAMIENTO DEL SISTEMA ELÉCTRICO DEL BLOQUE B EN LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI EXTENSIÓN LA MANÁ”** presentado por los postulantes **Veloz Guerra Kaina Micaela y Yáñez Ortega Kevin Alexander**, egresados de la Carrera de: Ingeniería Electromecánica, perteneciente a la Facultad de Ciencias de **Ingeniería y Aplicadas - CIYA**, lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo al peticionario hacer uso del presente aval para los fines académicos legales.

La Maná, Agosto del 2022

Atentamente,














Mg. Toaquiza Fernando
DOCENTE DEL CENTRO DE IDIOMAS
C.I: 050222967-7

Anexo 12. Similitud de contenido

Document Information


Analyzed document	1.0.1 PASAR POR UNKURD - SISTEMA ELECTRICO_Otro.pdf (D143317469)
Submitted	8/28/2022 6:13:00 AM
Submitted by	
Submitter email	yoandrys.morales@utc.edu.ec
Similarity	7%
Analysis address	yoandrys.morales.utc@analysis.unkund.com

Sources included in the report

W	URL: https://www.redalyc.org/pdf/413/41318401010.pdf Fetched: 8/28/2022 6:13:00 AM	 3
W	URL: https://www.lifeder.com/electricidad-dinamica/ Fetched: 8/28/2022 6:15:00 AM	 2
SA	iei2IIPjvargas_gladines03082021.pdf Document iei2IIPjvargas_gladines03082021.pdf (D110987103)	 3
SA	tt1rIromanb2015.docx Document tt1rIromanb2015.docx (D17088135)	 1
SA	iei4IIPjvargas_gladines17082021.pdf Document iei4IIPjvargas_gladines17082021.pdf (D111392833)	 1
W	URL: http://201.159.223.180/bitstream/3317/5410/1/T-UCSG-PRE-TEC-IEM-75.pdf Fetched: 9/28/2021 1:08:25 PM	 3
W	URL: https://core.ac.uk/download/pdf/84697006.pdf Fetched: 8/28/2022 6:13:00 AM	 4
W	URL: https://keepthatshort.com/qu%C3%A9-es-un-circuito-especial Fetched: 8/28/2022 6:14:00 AM	 1
W	URL: https://www.bysincro.com/iluminacion-interiores-viviendas/ Fetched: 8/28/2022 6:15:00 AM	 8
W	URL: http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/jspui/bitstream/132.248.52.100/5465/1/Tesis.pdf Fetched: 11/11/2021 9:42:56 AM	 1
W	URL: https://jdelectricos.com.co/tableros-electricos/ Fetched: 8/28/2022 6:14:00 AM	 3
W	URL: https://idoc.pub/documents/instalaciones-electricaspdf-34m22xoyxzn6 Fetched: 12/16/2021 8:03:30 PM	 1
W	URL: https://www.totalenergias.es/es/pymes/blog/instalacion-monofasica-o-trifasica Fetched: 8/28/2022 6:15:00 AM	 4

<https://secure.unkund.com/view/136705242-319719-508027#idetails/fulltext>

2/31

W	URL: https://www.voltimum.es/articulos-tecnicos/que-es-trifasica-bifasica-y Fetched: 8/28/2022 6:15:00 AM	 1
----------	---	---