

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS

REDISEÑO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN LA ESCUELA FISCAL MIXTA “JUAN GENARO JARAMILLO”

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DE TÍTULO DE TECNÓLOGO EN ELECTROMECAÁNICA

FERNANDO WLADIMIR PILLAJO ACOSTA
fercho29ldu@hotmail.es

DIRECTOR: ING. DIEGO ESTEBAN AYALA CAJAS
diego.ayalac@epn.edu.ec

CODIRECTOR: ING. CARLOS ORLANDO ROMO HERRERA
carlos.romo@epn.edu.ec

Quito, Enero 2017

DECLARACIÓN

Yo Fernando Wladimir Pillajo Acosta, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Fernando Wladimir Pillajo Acosta

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Fernando Wladimir Pillajo Acosta, bajo mi supervisión.

Ing. Diego Ayala

DIRECTOR DE PROYECTO

Ing. Carlos Romo

CODIRECTOR DE PROYECTO

AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme las fuerzas y la capacidad para culminar mi carrera profesional.

A mis profesores de la Escuela de Formación de Tecnólogos por inculcar sus conocimientos y ser de guía para mi vida profesional.

Un agradecimiento especial al Ing. Diego Ayala por compartir sus conocimientos y ser de gran ayuda en la dirección del proyecto.

A las autoridades de la Escuela Fiscal Mixta "Juan Genaro Jaramillo", por su colaboración para el desarrollo del proyecto.

DEDICATORIA

A mis padres Edison Pillajo y Martha Acosta por su apoyo incondicional y consejos para hacer de mí una mejor persona y alcanzar mis metas propuestas, a mis hermanos David y Kevin por estar junto a mí siempre, a mi novia Maritza Sandoya por su confianza, amor, paciencia y brindarme el tiempo necesario para formarme profesionalmente y a mi hijo Daniel Pillajo por ser mi motivación para lograr concluir mi carrera profesional.

RESUMEN

En la provincia de Pichincha, cantón Quito, parroquia La Magdalena, se encuentra ubicada la Escuela Fiscal Mixta “Juan Genaro Jaramillo”, el actual proyecto consiste en el rediseño de las instalaciones eléctricas del plantel educativo, el cual presenta fallas en su instalación eléctrica, el propósito del proyecto es facilitar al plantel educativo una propuesta de instalación eléctrica segura, eficiente y que cumpla con las normativas estipuladas para la implementación de nuevos diseños eléctricos.

El plantel educativo no posee planos eléctricos, por tal motivo se realizó un levantamiento y elaboración de planos eléctricos para una futura implementación del diseño eléctrico.

A continuación se detalla los cuatro capítulos que posee el proyecto:

El Capítulo Uno se detalla los conceptos básicos para un diseño eléctrico, especifica tipos de materiales, aparatos, dispositivos que se utilizará en el diseño, también se menciona las normativas que se utiliza en instalaciones eléctricas y lo relacionado con iluminación.

El Capítulo Dos comprende una breve reseña del plantel educativo, el análisis de la instalación actual, reflejando fallas y problemas que existan en la instalación eléctrica actual, un estudio de carga para el plantel del transformador perteneciente a la Empresa Eléctrica Quito (EEQ).

El Capítulo Tres detalla el rediseño de las instalaciones eléctricas del plantel educativo, cálculo y elección de luminarias y protecciones, distribución de tableros, dimensionamiento de cableado, elección técnica de depósitos para el funcionamiento de circuitos eléctricos. Propone la implementación de malla a tierra para seguridad de personas y protección de aparatos eléctricos.

El Capítulo Cuatro Se compone de conclusiones y recomendaciones del proyecto.

INTRODUCCIÓN

Después de realizar un levantamiento de información en la Escuela Fiscal Mixta “Juan Genaro Jaramillo”, se constataron problemas en su instalación eléctrica, se observaron cables que cruzan por espacios de recreación, empalmes en áreas visibles, falta de iluminación tanto interior y exterior, incumplimiento de los índices de iluminación recomendados. Se comprobó que la instalación eléctrica actual tiene varios años sin mantenimiento.

El rediseño en las instalaciones eléctricas del plantel educativo brindará seguridad a los estudiantes y personal que labora en la institución, ya que este busca optimizar la iluminación en cada área del plantel educativo.

Para el desarrollo del proyecto se realiza un levantamiento de planos eléctricos de la instalación eléctrica actual, que permita determinar los problemas eléctricos que tiene la institución. También se realiza un estudio de carga, cálculo en el sistema de puesta a tierra y selección de dispositivos, herramientas y equipos adecuados para un sistema eléctrico eficiente, seguro y energéticamente ahorrativo.

El rediseño eléctrico cumple normativas y estándares para el correcto y eficiente funcionamiento de las instalaciones eléctricas de la Escuela Fiscal Mixta “Juan Genaro Jaramillo”, basándose en la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) para instalaciones electromecánicas [5], Normas del Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) para especificación de luminarias [7], y el Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica (IEEE) especifica puesta a tierra [6].

ÍNDICE

DECLARACIÓN.....	II
CERTIFICACIÓN.....	III
AGRADECIMIENTOS	IV
DEDICATORIA	V
RESUMEN.....	VI
INTRODUCCIÓN.....	VII
ÍNDICE.....	VIII
ÍNDICE DE TABLAS.....	XV
ÍNDICE DE ANEXOS	XVII

CAPÍTULO 1

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

1.1. GENERALIDADES	1
1.1.1. ELECTRICIDAD	1
1.1.2. CORRIENTE ELÉCTRICA	1
1.1.2.1. Corriente continua.....	1
1.1.2.2. Corriente alterna	1
1.1.3. DIFERENCIA DE POTENCIAL O VOLTAJE ALTERNO	2
1.1.4. RESISTENCIA ELÉCTRICA	2
1.1.5. LEY DE OHM	3
1.1.6. CAIDA DE VOLTAJE	3
1.1.7. CIRCUITOS EN CONEXIÓN SERIE	4
1.1.8. CIRCUITOS EN CONEXIÓN PARALELO	4
1.1.9. POTENCIA ELÉCTRICA.....	5
1.1.9.1. Ángulo de desfase	5
1.1.9.2. Factor de potencia	6

1.1.9.3.	Potencia activa	7
1.1.9.4.	Potencia reactiva	8
1.1.9.5.	Potencia aparente.....	8
1.2.	DESCRIPCIÓN DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA.....	8
1.2.1.	NIVELES DE VOLTAJE	9
1.2.2.	ACOMETIDA.....	9
1.2.3.	CONTADOR ELÉCTRICO	10
1.2.4.	ALIMENTADORES	10
1.2.5.	CONDUCTORES DEL CIRCUITO DERIVADO	10
1.2.5.1.	Tipos de conductores en instalaciones eléctricas	11
1.2.5.2.	Normas generales de los conductores	12
1.2.6.	TABLERO PRINCIPAL.....	12
1.2.6.1.	Interruptor termomagnético	12
1.2.7.	COMPONENTES DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE BT ...	14
1.2.7.1.	Interruptor	14
1.2.7.2.	Tubo conduit	15
1.2.7.3.	Caja de conexiones	16
1.2.7.4.	Tomacorrientes	16
1.2.8.	PUESTA A TIERRA	17
1.2.8.1.	Resistividad del suelo	17
1.2.8.2.	Tipos de puesta a tierra	18
1.2.8.3.	Desventaja de no tener puesta a tierra	19
1.2.9.	SIMBOLOGÍA EN UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA	20
1.3.	NORMAS DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS.....	22
1.4.	ILUMINACIÓN EN INSTALACIÓN ELÉCTRICA	23
1.4.1.	CONCEPTOS BÁSICOS.....	24

1.4.1.1.	Flujo luminoso.....	24
1.4.1.2.	Intensidad luminosa	24
1.4.1.3.	Iluminación o iluminancia	24
1.4.1.4.	Luminancia o brillo	24
1.4.1.5.	Eficiencia luminosa	24
1.4.1.6.	Deslumbramiento.....	25
1.4.2.	TIPOS DE LÁMPARAS	25
1.4.2.1.	Lámparas incandescentes	25
1.4.2.2.	Lámparas Fluorescentes.....	26
1.4.2.3.	Lámparas fluorescentes compactas.....	26
1.4.2.4.	Lámparas Halógenas	27
1.4.3.	ELECCIÓN DE UNA LÁMPARA	27
1.4.3.1.	Identificación de las necesidades en función del uso	27
1.4.3.2.	Cálculo de luminarias.....	28

CAPÍTULO 2

ANÁLISIS ACTUAL DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE LA ESCUELA FISCAL MIXTA “JUAN GENARO JARAMILLO”

2.1.	ANTECEDENTES.....	30
2.2.	INSTALACIÓN ACTUAL DE LA ESCUELA FISCAL MIXTA “JGJ”.....	31
2.2.1.	TRANSFORMADOR	31
2.2.2.	ACOMETIDA.....	31
2.2.2.1.	Contador eléctrico	32
2.2.3.	ALIMENTADORES EN LA INSTALACIÓN ACTUAL.....	33
2.2.4.	TABLERO PRINCIPAL Y DE DISTRIBUCIÓN DEL PLANTEL...33	
2.2.4.1.	Tablero Principal	33
2.2.4.2.	Tablero de distribución.....	34

2.2.5.	CIRCUITOS DERIVADOS	34
2.2.5.1.	Estado actual de los tomacorrientes del plantel educativo	37
2.2.5.2.	Estado actual de los interruptores del plantel educativo	38
2.2.6.	SISTEMA DE ILUMINACIÓN EN EL PLANTEL EDUCATIVO	38
2.2.6.1.	Iluminación en interiores	39
2.2.6.2.	Iluminación en el exterior	41
2.3.	ESTUDIO DE CARGA DEL PLANTEL EDUCATIVO	42
2.3.1.	DESCRIPCIÓN DE CARGA EN CADA SERVICIO DEL PLANTEL EDUCATIVO.	42
2.3.2.	CARGA TOTAL INSTALADA	46

CAPÍTULO 3

NUEVO DISEÑO ELÉCTRICO DE LA ESCUELA FISCAL MIXTA

“JUAN GENARO JARAMILLO”

3.1.	GENERALIDADES	48
3.2.	DISEÑO DE ILUMINACIÓN	48
3.2.1.	SELECCIÓN DE LUMINARIAS	49
3.2.1.1.	Distribución de luminarias	50
3.2.1.2.	Cálculo de luminarias	51
3.2.1.3.	Número de luminarias	54
3.2.1.4.	Software Dialux 4.12	54
3.2.1.5.	Tablas del número de luminarias a instalar en el interior del plantel educativo	56
3.2.1.6.	Cálculo de luminarias en el exterior del plantel educativo.	62
3.2.1.7.	Tablas del número de luminarias a instalar en el exterior del plantel educativo	63
3.2.1.8.	Total de luminarias en el rediseño eléctrico	65
3.3.	DISTRIBUCIÓN DE CARGA DEL NUEVO DISEÑO	65

3.3.1.	CAIDA DE TENSIÓN EN LOS CIRCUITOS ELÉCTRICOS.	72
3.4.	SELECCIÓN TÉCNICA DE EQUIPOS PARA EL REDISEÑO	74
3.4.1.	CÁLCULO DE ALIMENTADOR PRINCIPAL DEL PLANTEL EDUCATIVO.	74
3.4.2.	DISTRIBUCIÓN DE DUCTOS.....	75
3.4.2.1.	Caja de conexiones en el nuevo diseño eléctrico.....	75
3.4.3.	TOMACORRIENTES	76
3.4.4.	INTERRUPTORES PARA EL REDISEÑO ELÉCTRICO	77
3.4.5.	TABLERO PRINCIPAL DEL NUEVO DISEÑO.....	77
3.4.5.1.	Tablero de distribución para el nuevo diseño	78
3.4.6.	PROTECCIONES PARA EL REDISEÑO ELÉCTRICO	79
3.4.6.1.	Protecciones principales	79
3.4.6.2.	Protecciones secundarias	81
3.5.	DISEÑO DE PUESTA A TIERRA.....	81
3.5.1.	SISTEMA DE PUESTA A TIERRA PARA LA ESCUELA.....	82
3.5.2.	RESISTIVIDAD ELÉCTRICA DEL SUELO.....	82
3.5.2.1.	Cálculo de la resistividad del suelo	83
3.5.3.	CÁLCULO DE CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO.....	84
3.5.4.	CÁLCULO DEL CONDUCTOR PARA LA PUESTA A TIERRA ..	86
3.5.5.	CÁLCULO DE LA RESISTENCIA POR VARILLA	86
3.5.6.	RESISTENCIA DEL NÚMERO TOTAL DE VARILLAS.....	87
3.5.7.	RESISTENCIA DEL CONDUCTOR ENTERRADO	87
3.5.8.	RESISTENCIA TOTAL DEL SISTEMA DE PUESTA TIERRA....	88
3.5.9.	BARRA EQUIPOTENCIAL DE PUESTA A TIERRA.....	88
3.6.	ANÁLISIS DE AHORRO ENERGÉTICO	89

CAPÍTULO 4

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES	91
4.2. RECOMENDACIONES	92
BIBLIOGRAFÍA	93

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Diagrama de conexión en serie	4
Figura 1.2. Diagrama de conexión en paralelo	4
Figura 1.3. Representación de ángulo de desfase en cargas resistivas	5
Figura 1.4. Representación de ángulo de desfase en cargas inductivas	5
Figura 1.5. Representación de ángulo de desfase en cargas capacitivas	6
Figura 1.6. Representación del triángulo de potencia	6
Figura 1.7. Representación fasorial de corrección del factor de potencia	7
Figura 1.8. Representación gráfica de acometida	10
Figura 1.9. Tipos de alambres y cables	11
Figura 1.10. Interruptor termomagnético	13
Figura 1.11. Interruptor diferencial	13
Figura 1.12. Representación esquemática de conmutador	14
Figura 1.13. Representación esquemática de interruptor cruzado	15
Figura 1.14. Tubo conduit galvanizado	15
Figura 1.15. Tubo conduit de PVC	16
Figura 1.16. Tipos de cajas de conexiones	16
Figura 1.17. Tomacorriente	17
Figura 1.18. Lámpara incandescente	26
Figura 1.19. Lámpara fluorescente	26

Figura 2.1. Escuela Fiscal Mixta "Juan Genaro Jaramillo"	30
Figura 2.2. Transformador 75 KVA de la EEQ.....	31
Figura 2.3. Acometida aérea de la EEQ	32
Figura 2.4. Contador eléctrico del plantel educativo	32
Figura 2.5. Alimentador principal del plantel educativo.....	33
Figura 2.6. Tablero principal de la escuela "Juan Genaro Jaramillo"	33
Figura 2.7. Tableros de distribución del plantel educativo	34
Figura 2.8. Cruce de cables eléctricos en la escuela.....	34
Figura 2.9. Empalmes a la intemperie de la escuela	35
Figura 2.10. Conexiones inapropiadas de los conductores	35
Figura 2.11. Valor de voltaje en tablero principal.....	36
Figura 2.12. Valor de voltaje en el lugar más alejado	36
Figura 2.13. Caja de conexiones sin cubierta.....	37
Figura 2.14. Tomacorrientes en mal estado	38
Figura 2.15. Interruptores en mal estado del plantel educativo	38
Figura 2.16. Instalación de lámpara fluorescente e incandescente	39
Figura 2.17. Lámparas incandescentes en el aula de clase	40
Figura 2.18. Circuito de iluminación en mal estado	41
Figura 2.19. Conexiones en malas condiciones	41
Figura 2.20. Plantel educativo sin iluminarias externas	41
Figura 2.21. Lámpara externa en malas condiciones	42
 Figura 3.1. Ilustración de aula de clase del plantel educativo en Dialux 4.12	55
Figura 3.2. Distribución de iluminación en el plano de trabajo en Dialux 4.12	55
Figura 3.3. Método de Wenner.....	83

Figura 3.4. Barra equipotencial de puesta a tierra	89
--	----

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Tabla de coeficiente de resistividad	2
Tabla 1.2. Niveles de voltaje	9
Tabla 1.3. Efectos de la corriente en el cuerpo humano.....	19
Tabla 1.4. Simbología para una instalación eléctrica	20
Tabla 1.5. Tabla de temperatura de color.....	27
Tabla 2.1. Dimensiones del aula A3.....	39
Tabla 2.2. Comparación de luminarias actuales con el rediseño	40
Tabla 2.3. Factor de potencia de los aparatos más frecuentes	44
Tabla 2.4. Estudio de carga instalada en el plantel educativo	46
Tabla 2.5. Carga total instalada en el plantel educativo	47
Tabla 3.1. Iluminación en ambientes de educacionales	48
Tabla 3.2. Coeficiente de reflexión	52
Tabla 3.3. Factor de utilización en iluminarias.....	52
Tabla 3.4. Factor de mantenimiento	54
Tabla 3.5. Cálculo de luminaria parte A.....	55
Tabla 3.6. Cálculo de luminarias parte B.....	56
Tabla 3.7. Cálculo de luminarias parte C.....	57
Tabla 3.8. Cálculo de luminarias parte D.....	58
Tabla 3.9. Cálculo de luminarias parte E.....	59
Tabla 3.10. Cálculo de luminarias parte F	60
Tabla 3.11. Cálculo de luminarias parte G	61

Tabla 3.12. Cálculo de luminarias en exteriores del plantel educativo.....	64
Tabla 3.13. Total de luminarias del plantel educativo	65
Tabla 3.14. Cuadro de distribución de cargas en el sub tablero STD - A.....	67
Tabla 3.15. Cuadro de distribución de cargas en el sub tablero STD - B.....	67
Tabla 3.16. Cuadro de distribución de cargas en el sub tablero STD - C	68
Tabla 3.17. Cuadro de distribución de cargas en el sub tablero STD - D	68
Tabla 3.18. Cuadro de distribución de cargas en el sub tablero STD - E.....	69
Tabla 3.19. Cuadro de distribución de cargas en el sub tablero STD - F.....	69
Tabla 3.20. Cuadro de distribución de cargas en el sub tablero STD - G	70
Tabla 3.21. Cuadro de distribución de cargas en el sub tablero STD - H	71
Tabla 3.22. Cuadro de distribución de cargas en el sub tablero STD - I.....	71
Tabla 3.23. Cuadro de distribución de cargas en el sub tablero STD - J	72
Tabla 3.24. Cuadro de distribución de cargas en el sub tablero STD - K.....	72
Tabla 3.25. Cálculo de caída de tensión para los sub tableros del rediseño	73
Tabla 3.26. Tipos de tablero para cada circuito eléctrico del plantel educativo ...	78
Tabla 3.27. Protecciones para sub tableros	80
Tabla 3.28. Protección del tablero principal del plantel educativo.....	80
Tabla 3.29. Valores máximos de tensión de contacto aplicada a un ser humano	82
Tabla 3.30. Rango de resistividad del suelo	83
Tabla 3.31. Comparación de carga	89
Tabla 3.32. Ahorro mensual y anual.....	90

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1.1. Cálculo de la resistencia eléctrica.....	2
Ecuación 1.2. Cálculo de corriente.....	3
Ecuación 1.3. Cálculo de caída de tensión	3

Ecuación 1.4. Expresión de corriente en conexión serie	4
Ecuación 1.5. Cálculo del factor de potencia	6
Ecuación 1.6. Cálculo de potencia activa.....	7
Ecuación 1.7. Cálculo de potencia reactiva.....	8
Ecuación 1.8. Cálculo de potencia aparente.....	8
Ecuación 1.9. Cálculo de la resistividad del suelo	18
Ecuación 1.10. Cálculo de iluminación.....	24
Ecuación 1.11. Cálculo para índice del local	29
Ecuación 1.12. Cálculo de número de luminarias.....	29

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Tabla de características de calibres en AWG.....	96
Anexo 2. Número de conductores en un tubo conduit	97
Anexo 3. Tabla de ventajas y desventajas de lámparas	98
Anexo 4. Especificaciones técnicas de lámparas y luminarias	99
Anexo 5. Tabla de resistencia y reactancia del Código NEC.....	106
Anexo 6. Calibre de conductor a puesta a tierra del Código NEC	107
Anexo 7. Tabla para el Cálculo de resistencia para tierra por la IEEE.....	108
Anexo 8. Presupuesto de la malla de puesta a tierra	109
Anexo 9. Presupuesto referencial del rediseño eléctrico del plantel educativo...	110
Anexo 10. Diagrama unifilar del rediseño eléctrico.....	112
Anexo 11. Planos eléctricos del plantel educativo.....	113

CAPÍTULO 1

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

1.1. GENERALIDADES

1.1.1. ELECTRICIDAD

La electricidad es un fenómeno físico aprovechado para mejorar la calidad de vida del ser humano, se utiliza en diversas aplicaciones como: iluminación, transporte, computación, electrodomésticos, entre otros [1].

La energía eléctrica es manifestación del movimiento de las cargas eléctricas, dicho movimiento es originado por fuerzas de carácter eléctrico y magnético

1.1.2. CORRIENTE ELÉCTRICA

El movimiento de cargas eléctricas sobre unidad de tiempo en el interior de un conductor se denomina corriente eléctrica o intensidad de corriente, se expresa con la unidad de amperios. [2]

La corriente eléctrica al circular en un conductor produce un campo magnético que puede ser utilizado para diferentes aplicaciones como un generador.

1.1.2.1. Corriente continua

Es un tipo de corriente eléctrica que no cambia de sentido y se mantiene constante en el transcurso del tiempo, por ejemplo: la batería de un automóvil, se conoce con la simbología C.C.

1.1.2.2. Corriente alterna

Se conoce como corriente alterna a la intensidad de corriente que cambia periódicamente con el transcurso de tiempo, se presenta en forma senoidal. La corriente alterna (C.A) es ventajosa porque se utiliza en generación y distribución de energía eléctrica que es utilizada para industrias, residencias, comerciales, alumbrado, entre otros.

1.1.3. DIFERENCIA DE POTENCIAL O VOLTAJE ALTERNO

Es el trabajo necesario para generar el movimiento de una carga eléctrica por el conductor en un circuito cerrado, el voltaje alterno varía en forma cíclica debido al cambio de polaridad en función del tiempo (60 Hz en Ecuador) generando una onda senoidal de 60 ciclos en un segundo. **[1]**

En la alimentación alterna monofásica los voltajes más comunes son de 127 V y 220 V. La unidad de medida es el voltio [V].

1.1.4. RESISTENCIA ELÉCTRICA

La resistencia es la oposición del paso de la corriente en un circuito cerrado, esta propiedad se forma por el calor que producen los electrones libres, la unidad de medida de la resistencia eléctrica es el Ohmio. **[3]**

En instalaciones eléctricas los factores que determinan la resistencia eléctrica de un material es el tipo, longitud, sección transversal del conductor y su temperatura.

Para calcular la resistencia eléctrica de un material es necesario conocer el coeficiente de resistividad, se expresa en la Tabla 1.1, actualmente existe gran variedad de materiales pero en las instalaciones eléctricas actuales se usa como conductor cobre y aluminio.

Tabla 1.1. Tabla de coeficiente de resistividad

Material	Coeficiente de resistividad
Cobre	0.0172 [$\Omega\text{mm}^2/\text{m}$]
Aluminio	0.028 [$\Omega\text{mm}^2/\text{m}$]

Para realizar el cálculo de la resistencia eléctrica de un conductor se utiliza la *Ecuación 1.1*:

$$R = \delta \frac{l}{s} \quad \mathbf{[1.1]}$$

Donde:

δ = Coeficiente de resistividad.

l = Longitud del conductor.

s = Sección transversal del conductor

1.1.5. LEY DE OHM

Es una ley para circuitos eléctricos, establecida por el físico y matemático alemán Georg Simón Ohm, en esta ley relaciona corriente, diferencia de potencial o tensión y resistencia. **[2]**

En la *Ecuación 1.2; Cálculo de corriente*; se expresa la corriente (I) que fluye por un conductor siendo proporcional a la diferencia de potencial (V) e inversamente proporcional a la resistencia (R):

$$I = \frac{V}{R} \quad \mathbf{[1.2]}$$

1.1.6. CAIDA DE VOLTAJE

Representan pérdidas en la tensión del circuito, ocurre al disminuir voltaje en las líneas eléctricas ocasionadas por el largo del conductor, la sección transversal del conductor, temperatura, el medio ambiente que se encuentra la instalación eléctrica. En una instalación eléctrica la caída de voltaje en circuitos de iluminación y tomacorrientes no debe exceder el 3% del voltaje nominal, sin embargo se considera para puntos desfavorables de la instalación eléctrica no exceda el 5% del voltaje nominal de acuerdo a la normativa *NEC 2011 Capítulo 15: 15.1.7.1.1*.

Se muestra en la *Ecuación 1.3; cálculo de caída de tensión*.

$$e (\%) = \frac{K * I * L}{S * V} \quad \mathbf{[1.3]}$$

Donde:

$e (\%)$ = Caída de tensión en porcentaje

$K = 4$ para circuitos monofásicos

$K = 2$ para circuito trifásicos

I = Corriente que circula por el conductor

L = Longitud del conductor

S = Sección del conductor en mm^2

V = Voltaje de operación

1.1.7. CIRCUITOS EN CONEXIÓN SERIE

En un conexión serie en circuitos eléctricos la corriente eléctrica sigue una trayectoria hasta cerrar el circuito. En la Figura 1.1 se muestra una conexión serie, empieza la corriente circulando por la fuente de voltaje (V1), atraviesa distintas cargas (R1, R2, R3) y regresa a la fuente de voltaje. [2]

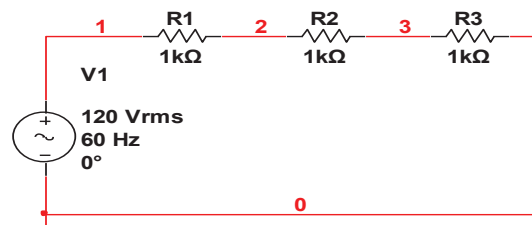


Figura 1.1. Diagrama de conexión en serie

En un circuito en serie la corriente eléctrica en cada una de las cargas resistivas es la misma, se expresa en la *Ecuación 1.4; Expresión de corriente en conexión serie*; mientras su voltaje en cada resistencia tiene un valor diferente.

$$I = I_{R1} = I_{R2} = I_{R3} \quad [1.4]$$

1.1.8. CIRCUITOS EN CONEXIÓN PARALELO

Es una conexión empleada en instalaciones eléctricas residenciales, comerciales e industriales, su importancia radica en que al desconectar una carga resistiva no altera el funcionamiento del circuito restante. [2]

En el Figura 1.2 se muestra un circuito en conexión paralelo, la corriente se distribuye por cada una de las ramas pero el voltaje en cada nodo es el mismo.

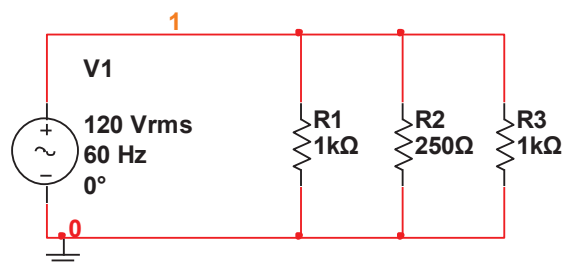


Figura 1.2. Diagrama de conexión en paralelo

1.1.9. POTENCIA ELÉCTRICA

Potencia es la cantidad de energía consumida por una carga resistiva, inductiva (bobina) o capacitiva (condensadores) sobre unidad de tiempo, la unidad de medida de la potencia eléctrica es el watt, esto equivale a un joule sobre segundo y está representada con la letra W. [8]

1.1.9.1. Ángulo de desfase

Es el desplazamiento relativo entre la intensidad de corriente (I) con la tensión de voltaje (V) en función del tiempo, al ser representado en función senoidal el ángulo de desfase no es mayor a 90 grados o $\pi/2$ radianes. Se lo representa con la letra griega Phi (φ).

El ángulo de desfase (φ) es nulo en el caso de elementos resistivos como se muestra en la *Figura 1.3*, pero existe ángulo de desfase al tener elementos inductivos la intensidad de corriente (I) retrasa 90° o $\pi/2$ rad al voltaje (V), como se muestra en el *Figura 1.4*; mientras en el *Figura 1.5* se representa el ángulo de desfase (φ) que existe en elementos capacitivos donde la intensidad de corriente (I) adelanta 90° o $\pi/2$ rad al voltaje (V). [8]

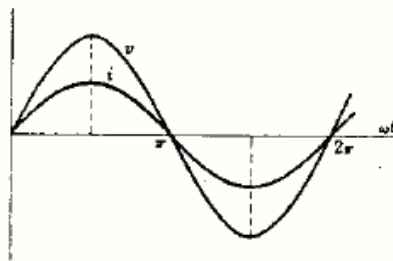


Figura 1.3. Representación de ángulo de desfase en cargas resistivas

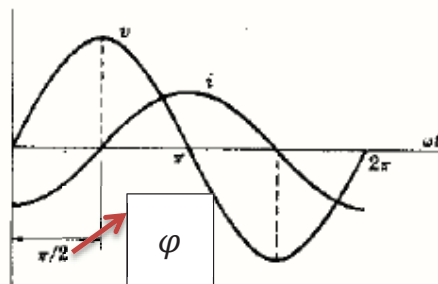


Figura 1.4. Representación de ángulo de desfase en cargas inductivas

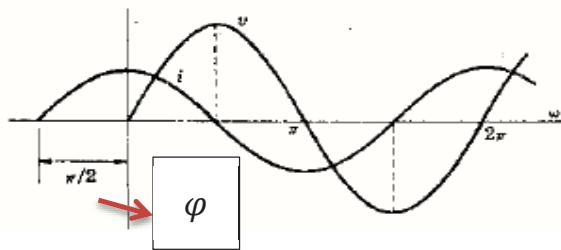


Figura 1.5. Representación de ángulo de desfase en cargas capacitivas

1.1.9.2. Factor de potencia

El factor de potencia indica el aprovechamiento que se tiene de la energía eléctrica, la relación de potencia activa que se utiliza con respecto a la potencia aparente se muestra en la *Ecuación 1.5; Cálculo del factor de potencia*; donde FP o $\cos \varphi$; factor de potencia; P representa la potencia activa; S la potencia aparente.

$$FP = \cos \varphi = \frac{P}{S} \quad [1.5]$$

Para tener una eficiencia energética el *Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN)*; *parte 4.2.7; factor de potencia*; especifica como requerimiento un factor de potencia (Fp) no menor a 0.92 ± 0.05 [7], al tener un factor de potencia [Fp] menor al mencionado, provoca un mayor consumo de potencia reactiva con respecto a la potencia útil, aumentando pérdidas por sobrecalentamiento, empeorando el rendimiento y funcionamiento de aparatos eléctricos, y afectando el tiempo de respuesta de las protecciones del circuito.

Para la representación de potencia activa (P), potencia reactiva (Q), potencia aparente (S), y factor de potencia ($\cos \varphi$), se utiliza el triángulo de potencia. En la Figura 1.6 se representa el triángulo de potencia, facilitando el cálculo de cada potencia.



Figura 1.6. Representación del triángulo de potencia

Para aumentar factor de potencia se utiliza condensadores instalados en forma paralela al circuito y con un valor adecuado, disminuyendo la intensidad de corriente (I) y la potencia aparente (S), produciendo eficiencia en la utilización de potencia en el sistema de distribución. Para la fácil interpretación se muestra el Figura 1.7, donde; Q_L es la demanda reactiva y S_1 la potencia aparente correspondiente al consumo actual, al conectar elementos capacitivos se obtiene potencia reactiva capacitiva (Q_c) generando disminución en el ángulo de desfase ϕ_2 con respecto ϕ_1 , la compensación de reactivos (Q_c) produce una disminución de potencia aparente (S_1) representada con la S_2 , siendo la potencia utilizada en el sistema de distribución.

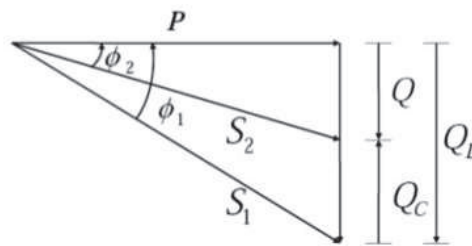


Figura 1.7. Representación fasorial de corrección del factor de potencia

1.1.9.3. Potencia activa

Potencia activa es la energía que produce calor y es aprovechada cuando funciona un aparato eléctrico. Esta energía es consumida por el cliente y cancelada a las empresas eléctricas de distribución.

En aparatos eléctricos que utilizan su propia energía para su funcionamiento como motores eléctricos que utilizan bobinas y condensadores, se toma en cuenta el factor de potencia como se muestra en la *Ecuación 1.6*; *Cálculo de potencia activa*; se expresa la potencia activa con el Watt o kilowatt (KW). [8]

$$P = V * I * \cos\phi \quad [1.6]$$

Donde:

P = Potencia Activa

V = Diferencia de potencial

I = Corriente

$\cos\phi$ = Factor de potencia

1.1.9.4. Potencia reactiva

Es la potencia generadora de campos magnéticos y eléctricos que requieren equipos inductivos (bobinas) y capacitivos (capacitores) para su funcionamiento, la potencia reactiva se mide en voltamperios reactivos (VAR).

Para calcular la potencia reactiva se muestra en la *Ecuación 1.7*:

$$Q = V * I * \text{Sen } \varphi \quad [1.7]$$

Donde:

Q = Potencia Reactiva

V = Diferencia de potencial

I = Corriente

Sen φ = Desfase

1.1.9.5. Potencia aparente

Es la potencia total trasladada dentro de un conductor al circuito eléctrico, se representa con la letra S, y se mide en Voltio – amperios (VA). Para calcular la potencia aparente de un circuito se utiliza la *Ecuación 1.8*; [8]

$$S = V * I \quad [1.8]$$

Donde:

S = Potencia Aparente

V = Diferencia de potencial

I = Intensidad de corriente

1.2. DESCRIPCIÓN DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA

Una instalación eléctrica es el conjunto de elementos necesarios para conducir la energía eléctrica con el propósito de energizar a máquinas y equipos que necesitan de la energía para aprovechar su utilización.

La instalación eléctrica debe cumplir con los siguientes requisitos:

- Segura contra incendios y accidentes.
- Eficiente y económica.

- Cumplir con la normativa estipulada para la correcta instalación eléctrica, en este caso acatar la norma *NEC 11, capítulo 15; Instalaciones electromecánicas*.
- Fácil acceso para realizar mantenimiento.

1.2.1. NIVELES DE VOLTAJE

En una instalación eléctrica se considera los niveles de voltaje que está establecido en tres niveles:

Alto voltaje; es la generación, transformación, transmisión que utilice un voltaje de 230kV / 138kV / 69kV.

Medio voltaje; es la distribución de energía eléctrica en forma local, mediante redes eléctricas aéreas o subterráneas. Se utiliza voltajes de 13.8 kV / 23kV.

Bajo Voltaje; es el punto de utilización de la energía eléctrica en la residencia, comercio e industria. Se utiliza niveles de voltaje de 220 / 127 V, y 208 / 120V.

A continuación se muestra la Tabla 1.2. Especificando los niveles de voltaje por el Consejo Nacional de Electricidad.

Tabla 1.2. Niveles de voltaje

Niveles de Voltaje (Rangos en Ecuador)	
Alta Tensión	69kV – 138kV - 230kV
Media Tensión	13.8 kV – 23 kV
Baja Tensión	220/127 V – 208/120 V

En Ecuador la energía eléctrica es distribuida a 60 Hz y con un nivel de voltaje en baja tensión de 208/ 120 Voltios.

1.2.2. ACOMETIDA

Es la conexión que existe entre la red de media tensión que suministra la empresa propietaria del servicio, en este caso Empresa Eléctrica Quito y la vivienda que solicita el servicio de energía eléctrica, se muestra en el Figura 1.8. Para la instalación de acometida se puede realizar en forma aérea o subterránea. **[4]**



Figura 1.8. Representación gráfica de acometida

1.2.3. CONTADOR ELÉCTRICO

Dispositivo que mide el consumo de energía eléctrica que entrega la empresa de servicios eléctricos, en este caso la Empresa Eléctrica Quito (EEQ), existen contadores eléctricos electromecánicos y electrónicos. [3]

La instalación eléctrica de baja tensión empieza después del medidor de energía eléctrica. [5]

1.2.4. ALIMENTADORES

Son conductores eléctricos que proporcionan toda la energía eléctrica al sistema, soportando toda la carga de la instalación eléctrica. La conexión empieza desde el equipo de medición hasta el tablero de distribución principal, alimentando a varios circuitos derivados. [3]

Según las normativas *NEC 2011 Capítulo 15: 15.1.7; Alimentadores*; los conductores de los alimentadores deben tener una sección mínima de No 10 AWG, este parámetro se estudia dependiendo la carga instalada. La caída de tensión provocada por la corriente eléctrica no debe exceder el 3% del voltaje nominal, en casos desfavorables como puntos de conexión largos no debe exceder el 5% del voltaje nominal.

1.2.5. CONDUCTORES DEL CIRCUITO DERIVADO

Son materiales para el transporte de la energía eléctrica al punto de utilización. Los conductores deben cumplir con las siguientes condiciones según la normativa *NEC 2011 Capítulo 15: 15.1.8.1; Conductores para instalaciones*;

- Asegurar la suficiente capacidad de transporte de energía eléctrica del conductor.
- La caída de voltaje debe estar dentro de los límites establecidos.
- Conductor debe soportar condiciones ambientales.

Los conductores a ser utilizados están aprobados por el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) y deben tener impreso en su cubierta o chaqueta los siguientes requisitos:

- Nombre de fabricante o marca.
- Tipo de conductor.
- Sección de conductor en AWG.

1.2.5.1. Tipos de conductores en instalaciones eléctricas. [12]

- **Alambre desnudo (A);** Es un solo alambre desnudo sin cubierta de aislamiento, es utilizado en escasas ocasiones para puesta a tierra.
- **Alambre aislado (B);** Es el mismo alambre desnudo pero cubierto con un aislante para evitar contacto con otro alambre y por seguridad de las personas, es utilizado para instalaciones eléctricas de viviendas.
- **Cable flexible (C);** Esta compuesto por varios alambres delgados y cubiertos por aislamiento, por su composición de tener alambres delgados lo hace flexible, es utilizado para puesta a tierra.
- **Cordón dúplex (D);** Son cables aislados y envueltos en 2, 3 y 4 cables juntos, son utilizados para acometidas de la Empresa Eléctrica de Distribución (Figura 1.9).

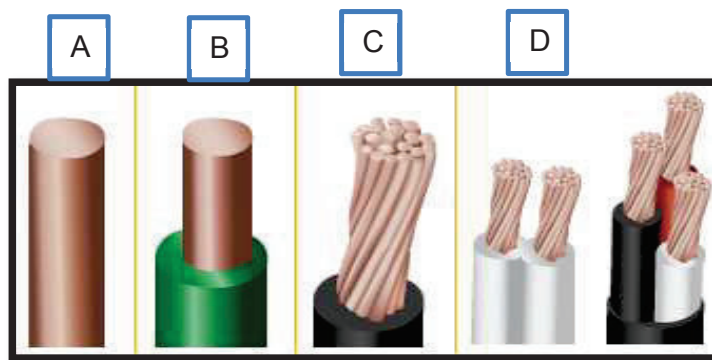


Figura 1.9. Tipos de alambres y cables

1.2.5.2. Normas generales de los conductores

En una instalación eléctrica se utiliza un sistema que caracteriza los diámetros de cables denominado American Wire Gage (AWG), en el Anexo 1 se puede especificar el número de cable, diámetro y máxima capacidad de conducción, se considera que el número de cable en AWG es inversamente proporcional al diámetro del cable.

La Normativa *NEC 2011 Capítulo 15: 15.1.8.0.1; Conductores*; describe en una instalación eléctrica se utiliza un cable número 14 AWG para iluminación y cable número 12 AWG para tomacorrientes

En una instalación eléctrica por lo general se utiliza cables de cobre y aluminio por su costo, por su conductividad elevada y resistencia baja. Para su facilidad en la identificación de cables en la instalación eléctrica se utiliza el código de colores que describe las normas *NEC 2011 Capítulo 15: 15.1.8.0; Conceptos Generales*:

- Conductor de fase: Se especifica con el color rojo, negro y azul.
- Conductor de neutro: Se especifica con el color blanco.
- Conductor tierra: Se especifica con el color verde o desnudo.

1.2.6. TABLERO PRINCIPAL

El tablero principal distribuye la energía eléctrica que proviene de la fuente principal de suministro distribuida por la Empresa Eléctrica Quito (EEQ), alimentando al tablero de distribución que protege cada uno de los circuitos que se dividen en la residencia, protegiendo de sobrecalentamiento y cortocircuitos a través de interruptores termomagnéticos en una instalación eléctrica.

1.2.6.1. Interruptor termomagnético

Es un dispositivo que interrumpe el paso de la intensidad de corriente (I) cuando existe un excesivo calentamiento a causa de sobrecarga o cortocircuito, los interruptores termomagnéticos utilizan una tira bimetálica como elemento principal para abrir el circuito, causando la protección al circuito y elementos conectados al sistema. En instalaciones eléctricas residenciales se utiliza interruptores termomagnéticos manuales, es decir para su reposición original es necesario esperar unos minutos el enfriamiento y activarlo por medio de personas. [3]

El interruptor termomagnético es conocido como breaker en instalaciones eléctricas (Figura 1.10) y tiene la ventaja de volver a su estado original después de su activación, no es necesario sustituir por otro como ocurre en los fusibles.



Figura 1.10. Interruptor termomagnético

1.2.6.2. Interruptor Diferencial

Es un interruptor como se muestra en la Figura 1.11, que tiene la capacidad de detectar la diferencia entre la corriente de entrada y salida en un circuito. Cuando esta diferencia supera un valor determinado para el que está calibrado, en este caso se tiene interruptores diferenciales de 30 mA a 300 mA, el dispositivo abre el circuito, interrumpiendo el paso de la corriente a la instalación que protege.



Figura 1.11. Interruptor diferencial

1.2.7. COMPONENTES DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE BAJO VOLTAJE

1.2.7.1. Interruptor

Es un dispositivo que cierra y abre circuitos eléctricos con el fin de bloquear o cambiar el sentido de flujo de la corriente, el interruptor está constituido por una lámina de acero inoxidable y un pulsante que al ser accionado genera el paso de corriente a la carga que se requiera usar. Según la normativa *NEC 2011 Capítulo 15: 15.1.11.0; Conceptos Generales*; para la correcta ubicación de un interruptor en una instalación eléctrica debe estar comprendida entre 0.8 metros y 1.40 metros desde el piso. [5]

1.2.7.1.1. Conmutador

Es un dispositivo que controla un punto de luz desde dos interruptores instalados en lugares diferentes, es necesario en sala, comedor, pasillos, como se muestra en el Figura 1.12.

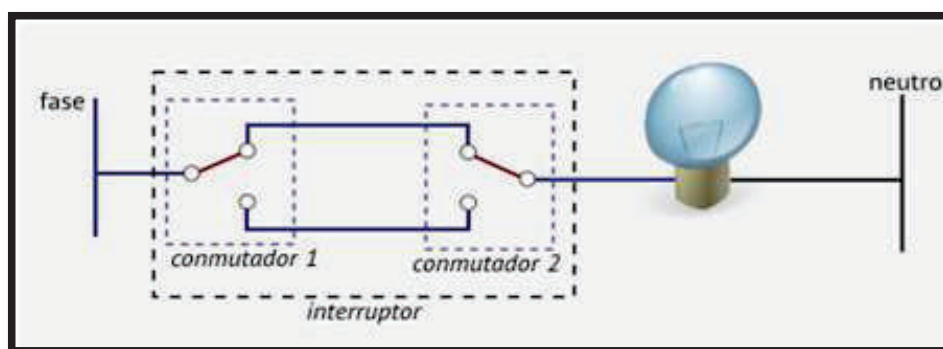


Figura 1.12. Representación esquemática de conmutador

1.2.7.1.2. Interruptor cruzado

Es un interruptor que se instala entre dos conmutadores para controlar desde diferentes puntos, el beneficio de este interruptor es el control de energía eléctrica con los interruptores que requerimos para la instalación.

Se muestra en el Figura 1.13 el diagrama de un interruptor cruzado.

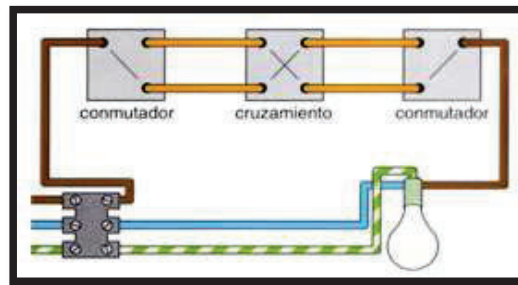


Figura 1.13. Representación esquemática de interruptor cruzado

1.2.7.2. Tubo conduit

Se emplea en instalaciones eléctricas ocultas o empotradas, también en instalaciones visibles. Son canalizaciones que protegen al conductor eléctrico actuando como aislante contra el calor o chispas producidas por fallas de aislamiento en conductores, se puede mencionar que ayuda a la estética del diseño eléctrico. [12]

El tubo conduit utilizado en instalaciones es de lámina galvanizada o de PVC.

1.2.7.2.1. Lámina galvanizada

Este tipo de tubos se utiliza para paredes delgadas y gruesa, para este tipo de tubos se utiliza conectores llamados coples, niples, son útiles para lugares de ambiente seco, al instalar en ambientes húmedos alteran su propiedades físicas. Se muestra el Figura 1.14; un tubo conduit galvanizado.



Figura 1.14. Tubo conduit galvanizado

1.2.7.2.2. Tubo Conduit de PVC

Es un tubo no metálico resistente y rígido, es utilizado en instalaciones que exista humedad y soporta algunos químicos. Puede estar directamente a la intemperie y ser oculto bajo concreto. Se muestra en el Figura 1.15; tubo conduit de PVC.



Figura 1.15. Tubo conduit de PVC

1.2.7.3. Caja de conexiones

La caja de conexión en una instalación eléctrica sirve de protección para empalmes y conexiones que se realizan en un circuito eléctrico, protegiendo de humedad y medios que dañen la conexión de los circuitos. [2]

Las cajas de conexiones favorecen en la estética del diseño, no permite que existan empalmes y conexiones visibles.

En una instalación eléctrica existen tipos de cajas para conexiones como la rectangular que sirve para tomacorrientes e interruptores, la caja cuadrada para conexiones y la caja octogonal para loseta de focos incandescentes, como se muestra en la Figura 1.16.

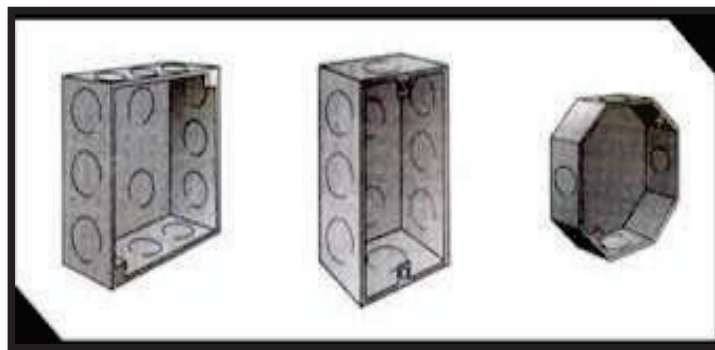


Figura 1.16. Tipos de cajas de conexiones

1.2.7.4. Tomacorrientes

Es un dispositivo que se encuentra empotrado en la pared y para instalaciones eléctricas sirve como alimentador de cargas. Los tipos de tomacorrientes son variados pero en su gran mayoría se puede apreciar con tres contactos, el primero para fase, el segundo para neutro y el último sirve como puesta a tierra

para la seguridad del electrodoméstico y la persona como se muestra en la Figura 1.17.



Figura 1.17. Tomacorriente

1.2.8. PUESTA A TIERRA

Para evitar que se dañen los equipos eléctricos por causa de sobrecorrientes o por la falta de aislamiento que puede suceder en algún conductor provocando un contacto en la carcasa del equipo y al ser palpada por una persona puede provocar lesiones hasta la muerte es necesaria la instalación a tierra que es la conexión de equipos eléctricos a tierra. [5]

Los objetivos de un sistema a tierra son los siguientes:

- Brindar seguridad a las personas.
- Protección de las instalaciones y equipos eléctricos.
- Disipar la corriente asociada a descargas atmosféricas.

1.2.8.1. Resistividad del suelo

Es la parte importante en una instalación de puesta a tierra, depende de la composición del suelo para que exista un adecuado paso de corriente al existir una falla eléctrica, la característica principal es la resistencia del suelo que puede variar por la composición como es la humedad, minerales, sales disueltas y el medio ambiente. Al existir suelos secos la instalación de puesta a tierra no es eficiente por la resistencia y temperaturas altas. [9]

El método más utilizado en las instalaciones de puesta a tierra es la medición por el método Wenner, se trata de insertar 4 electrodos en el suelo a una misma profundidad, el valor obtenido con el telurómetro se expresa en la *Ecuación 1.9*; *Cálculo de la resistividad del suelo*;

$$\rho = \frac{4\pi AR}{1 + \frac{2A}{\sqrt{(A^2 + 4B^2)}} - \frac{A}{\sqrt{(A^2 + B^2)}}} \quad [1.9]$$

Donde:

ρ = Resistividad promedio del suelo en ohm - metros

A = Distancia entre electrodos en metros

B = Profundidad del electrodo en metros

R = Valor de resistencia obtenido en la medición con el telurómetro.

El suelo de resistividad entre 10 – 30 (ohm – metro) es recomendable para una buena instalación de puesta a tierra, mientras un suelo de resistividad de 200 – 300 (ohm – metro) se considera de alta resistencia.

1.2.8.2. Tipos de puesta a tierra

1.2.8.2.1. Sistema de varilla Copperweld

La varilla Copperweld es un conductor o electrodo que se instala directamente a tierra para evitar riesgos por cortocircuitos protegiendo los equipos y la seguridad de las personas. La varilla debe tener mínimo 1.80m de longitud, además la varilla debe reflejar las dimensiones y marca del fabricante. [9]

El fabricante debe asegurar que la varilla debe soportar la corrosión un mínimo de 15 años desde el momento de la instalación, no se permite en una instalación de puesta a tierra con varilla Copperweld el uso de aluminio, se evitará la corrosión que ocasiona al unir estos dos materiales.

Para la instalación de la varilla Copperweld el conductor no debe tener empalmes y la conexión que se realiza entre conductor y varilla es comúnmente sujetado con abrazaderas de cobre, también se utiliza soldadura exotérmica asegurando la eficiencia en la conductividad.

1.2.8.2.2. Sistema de malla

Es un sistema de seguridad empleado para instalaciones eléctricas de tipo comercial e industrial. La malla tiene una forma rectangular enterrado a una profundidad varía entre 0.30 a 1 metro, formado por la unión de conductores instalados paralelamente y perpendicularmente formando retículas cuadradas.

Los empalmes son realizados por soldadura exotérmica, la conexión se la realiza con varias varillas Copperweld.

1.2.8.3. Desventaja de no tener puesta a tierra

La desventaja de no instalar puesta a tierra en el sistema eléctrico son los efectos que ocasiona la corriente eléctrica al entrar en contacto con el cuerpo humano.

Los factores de peligro para las personas al tener contacto con la corriente eléctrica son:

- Magnitud de la corriente eléctrica en el cuerpo.
- Duración de la exposición
- Resistencia eléctrica del cuerpo.

La Tabla 1.3; describe los efectos de la corriente cuando reacciona en el cuerpo humano. [17]





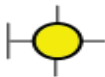







Tabla 1.3. Efectos de la corriente en el cuerpo humano












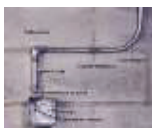

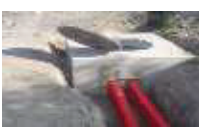




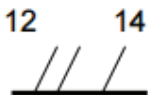

CORRIENTE ELÉCTRICA [mA]	EFFECTOS
Hasta 1	No siente nada
2 a 3	Sensación de hormigueo
3 a 10	El sujeto consigue desprenderse del contacto.
10 a 50	La corriente no es mortal si se aplica durante intervalos, de lo contrario los músculos ven afectados por calambres
50 a 500	Corriente peligrosa dependiendo del tiempo de contacto da lugar a la fibrilación cardiaca.
Más de 500	Aumenta el riesgo de muerte por parálisis de los centros nerviosos.







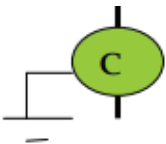

1.2.9. SIMBOLOGÍA EN UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA

En la Tabla 1.4 se muestra los símbolos más utilizados para la representación esquemática de las instalaciones eléctricas. [13]

Tabla 1.4. Simbología para una instalación eléctrica

SIMBOLOGÍA ELÉCTRICA		
DESCRIPCIÓN	SIMBOLO	MECANISMO
Salida para lámparas incandescentes sobre techo.		
Salida para lámparas incandescentes incrustadas en techo.		
Salida para lámparas incandescentes sobre pared.		
Salida para lámpara fluorescente		
Interruptor sencillo	S	
Interruptor doble	S2, 3	
Interruptor triple	S3	
Interruptor conmutable	Sc	

Tomacorriente 110V		
Tomacorriente 220V		
Tomacorriente trifásica		
Pulsador de timbre		
Campana de timbre		
Ducto en pared y techo		
Ducto en el piso		
Ducto que sube		
Ducto que baja		
Número de conductores y calibres		

Tablero de distribución		
Interruptor termomagnéticos		
Cuchilla de corte		
Contador eléctrico		

1.3. NORMAS DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS

Las normativas que se aplican en instalaciones eléctricas de bajo voltaje son las normas *NEC - 2011 capítulo 15; Instalaciones electromecánicas*; el cumplimiento de la normas mencionadas garantizan una instalación libre de riesgos, aumentando la seguridad de las personas que usan la instalación eléctrica, fijando condiciones de seguridad que se debe cumplir en instalaciones de bajo voltaje.

A continuación se muestra las partes de las normativas más importantes que se utiliza para el diseño de las instalaciones eléctricas de Bajo Voltaje:

Parte 15.1. Instalaciones eléctricas de bajo voltaje [5]

Acometidas

Cualquier predio debe tener una sola acometida para el suministro de energía eléctrica. Los conductores de la acometida deben tener la capacidad suficiente para transportar corriente satisfaciendo la necesidad de carga. El tamaño del conductor no debe ser menor de 8 AWG en cobre y de 6 AWG en aluminio.

Exigencias generales

Exigencia para materiales y equipos; Todos los materiales deben contar con certificados establecidos por una entidad autorizada, como es el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN).

Alimentadores

En los alimentadores se menciona el valor mínimo de la sección del conductor es de No 10 AWG. Las caídas de voltaje no deben exceder el 3% del voltaje nominal.

Se especifica que los alimentadores deben ser instalados por ductos.

Materiales y sistemas de canalización

Se menciona los materiales que se deben utilizar en una instalación eléctrica como conductores, especificaciones y condiciones de uso de los conductores sección mínima de conductor, tipo de conductores. Se debe considerar los conductores en un ducto deben ser para un mismo servicio en una instalación eléctrica.

Sistemas de puesta a tierra

Requisitos generales y materiales necesarios para la instalación de puesta a tierra.

Instalaciones de iluminación y tomacorrientes

El numeral 15.1.11.3 es importante por el enfoque de la instalación eléctrica de iluminación y tomacorrientes en ambientes educativos.

1.4. ILUMINACIÓN EN INSTALACIÓN ELÉCTRICA

La iluminación es un factor importante de la instalación eléctrica, su objetivo principal es brindar energía lumínica a lugares específicos, realizando un estudio adecuado para determinar las características y tipos de lámparas que necesita la instalación eléctrica para proporcionar eficiencia en el rendimiento visual de las personas cumpliendo con la exigencia de seguridad y comodidad.

1.4.1. CONCEPTOS BÁSICOS [5]

1.4.1.1. Flujo luminoso

Es la energía luminosa que produce la lámpara por unidad de tiempo, capaz de afectar el sentido de la vista, se expresa con el lumen (lm). El valor del flujo luminoso en una lámpara viene dado por el fabricante.

1.4.1.2. Intensidad luminosa

Es la cantidad de flujo luminoso que emite una fuente en una dirección por la unidad de ángulo sólido (ángulo que se visualiza una superficie desde un punto). En el Sistema Internacional de Unidades se expresa la intensidad luminosa con la Candela (Cd).

1.4.1.3. Iluminación o iluminancia

Es el flujo luminoso que incide en una superficie dada, la iluminancia se mide en lux (Lx), y se expresa mediante la *Ecuación 1.10; Cálculo de iluminación*.

$$E = \frac{\phi}{S} \quad [1.10]$$

Donde:

E = Iluminación o iluminancia

ϕ = Flujo luminoso

S = Superficie

1.4.1.4. Luminancia o brillo

Es la intensidad luminosa emitida por una superficie, ocasionando efectos en la visión. La luminancia o brillo se lo expresa en candela / metros cuadrados.

1.4.1.5. Eficiencia luminosa

Es el rendimiento que existe en una fuente luminosa al transformar la energía eléctrica en energía luminosa. Se relaciona el flujo luminoso que produce una fuente y la potencia que consume, se expresa en lumen/Watt.

1.4.1.6. Deslumbramiento

Es una molestia a la percepción visual por efecto de un resplandor o una luz intensa, por ejemplo: el resplandor de un objeto (luminancia) que afecta la visión por su elevado brillo en un entorno pequeño. Al existir un deslumbramiento existe una pérdida momentánea de la visión.

Al no tener una iluminación adecuada puede provocar efectos en la salud del ser humano como es los trastornos visuales, se refiere a los dolores oculares por enrojecimiento, irritación, inflamación de los párpados y lágrimeo; la cefalgias es otro efecto a causa de la mala iluminación produciendo dolor de cabeza por la fatiga visual, por ende al tener que realizar un mayor esfuerzo se obtiene una falta de energía (agotamiento) ocasionando problemas en la salud. [14]

1.4.2. TIPOS DE LÁMPARAS

1.4.2.1. Lámparas incandescentes

Son fuentes de energía lumínica utilizadas en instalaciones eléctricas, este tipo de lámparas se utilizan cuando es necesario un bajo flujo luminoso. Las lámparas incandescentes funcionan por medio de un filamento (alambre) a una temperatura alta.

La ventaja de las lámparas incandescentes es la instalación sencilla, no es necesario equipos auxiliares, pero la desventaja es la corta vida de funcionamiento, por la energía eléctrica que se pierde en forma de calor. Tiene una vida útil de 1000 horas. [2]

Se muestra en la Figura 1.18 las partes principales de un lámpara incandescente, **casquillo**; parte de la lámpara utilizada para el ajuste adecuado, **filamento**; es el alambre que emite luz, actualmente el filamento de una lámpara incandescente tiene la forma de una espiral para tener una mayor eficacia lumínica, **gas relleno**; se encuentra en la cubierta de la lámpara y su función es evitar que el filamento se evapore por el trabajo en altas temperaturas, se utiliza argón y nitrógeno.



Figura 1.18. Lámpara incandescente

1.4.2.2. Lámparas Fluorescentes

Generalmente la emisión de luz que produce las lámparas fluorescentes tiene mayor eficacia luminosa que las lámparas incandescentes, las lámparas tienen una cubierta de vidrio (ampolla) en forma tubular larga con dos electrodos instalados en cada extremo, contiene en la superficie interna una capa de polvo fluorescente, la composición del polvo depende la cantidad de luz emitida, se muestra en la Figura 1.19. [3]

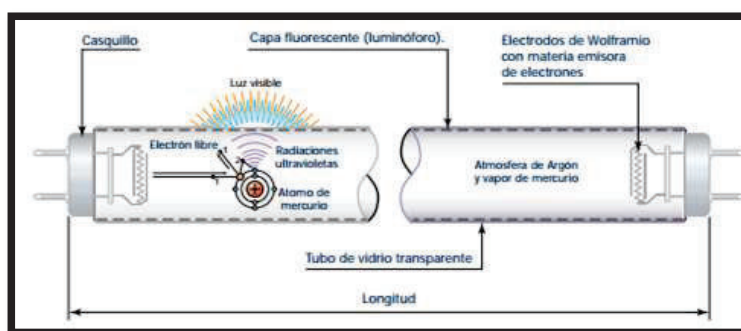


Figura 1.19. Lámpara fluorescente

La emisión de energía lumínica la radiación ultravioleta invisible que se produce por el choque de electrones ocasiona una descarga en el polvo fluorescente generando luz.

Las lámparas fluorescentes tienen bajo consumo energético y su vida útil es de 10000 horas.

1.4.2.3. Lámparas fluorescentes compactas

Son lámparas que emplean un balastro electrónico de pequeño tamaño instalado en la base que separa la rosca del tubo, de la lámpara, el balastro suministra el

voltaje necesario para crear una descarga eléctrica en un medio de vapor de mercurio a baja presión, produciendo radiaciones ultravioleta no visibles que transforman el polvo fluorescente en radiaciones visibles (Luz). [10]

Las lámparas fluorescentes compactas son conocidas como lámparas de bajo consumo por su ahorro energético y su vida útil siendo de 8000 horas en comparación con las lámparas incandescentes.

1.4.2.4. Lámparas Halógenas

Son lámparas que funcionan semejantes a una lámpara incandescente por el uso de filamento en su estructura, causando pérdidas por disipación de calor como ocurre en lámparas incandescentes pero su rendimiento es económico.

Utiliza un cristal de cuarzo como envoltura de luz capaz de soportar altas temperaturas con las que se encuentra sometido el filamento, las lámparas halógenas emiten 30% más de luz blanca en comparación con la lámpara incandescente empleando menos potencia

Es aplicable para la iluminación de mostradores, faros delanteros de un vehículo e iluminación para exteriores. [3]

1.4.3. ELECCIÓN DE UNA LÁMPARA

1.4.3.1. Identificación de las necesidades en función del uso

Flujo luminoso; especifica la intensidad luminosa que genera en el área de instalación, debe ser correctamente elegida para que no exista deslumbramiento.

Eficacia luminosa; especifica el rendimiento de la lámpara, este parámetro puede generar bajos costos en el consumo de energía eléctrica.

Temperatura de color; el parámetro especifica la emisión de luz que genera la lámpara, indicando si la lámpara tiene apariencia cálida o fría como se muestra en la Tabla 1.5.

Tabla 1.5. Tabla de temperatura de color

Color de la luz	Temperatura de color	Ambiente producido
Blanco rojizo	< 3.300 °k	Cálido

Blanco	3.300 a 5.000°k	Neutro
Blanco azulado	> 5000 °k	Frio

Vida útil; expresa el funcionamiento de las lámparas en horas, este parámetro indican los fabricantes, pero se puede demostrar que no cumple con este parámetro al 100%, se expresa en un 50% porque las pruebas de lámparas son realizadas en condiciones ideales.

Coeficiente de utilización; Se representa en porcentaje y es el flujo luminoso generado por la lámpara y es enviado al plano de trabajo, este dato se lo encuentra en tablas de catálogos de los fabricantes.

1.4.3.2. Cálculo de luminarias

Para el cálculo de luminarias es importante analizar algunos parámetros y determinar el espacio donde se realizara la correcta instalación de luminaria.

A continuación se describe los diferentes parámetros para el cálculo de luminarias:

- Con el apoyo de la normativa *NEC 2011 Capítulo 15: 15.1.11.3; Iluminación y tomacorrientes en ambientes asistenciales y educacionales;* determinamos en tablas los niveles de iluminación que requerimos en LUX dependiendo el lugar de uso.
- En el Anexo 2 se tiene las especificaciones, ventajas y desventajas de cada lámpara para una instalación eléctrica dependiendo de las características se elige la lámpara satisfaciendo las necesidades requeridas en el lugar de instalación.
- Al elegir la luminaria se determina el flujo luminoso en Lúmenes que emite la lámpara.

- Factor de utilización (μ), este parámetro se lo encuentra en catálogos del fabricante o en tablas, dependiendo del índice del local (K), factor de reflexión en techos, paredes y suelos.
- Índice del local (K); es un parámetro que considera el largo, ancho y altura del local donde se realizara el cálculo de luminarias, se expresa mediante la *Ecuación 1.11; Cálculo del índice del local*;

$$K = \frac{A*B}{H (A+B)} \quad [1.11]$$

Donde:

K = Índice del local

A = Largo

B = Ancho

H = Altura que se determina del plano de trabajo hasta la luminaria.

- Factor de mantenimiento (F_m); se determina por tablas especificando el nivel de contaminación del ambiente y la constancia del mantenimiento de las luminarias.
- Para el cálculo del número de luminarias se expresa en la *Ecuación 1.12*;

$$N = \frac{E * \text{área del piso}}{FL * \mu * F_m} \quad [1.12]$$

CAPÍTULO 2

ANÁLISIS ACTUAL DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE LA ESCUELA FISCAL MIXTA “JUAN GENARO JARAMILLO”

2.1. ANTECEDENTES

En la ciudad de Quito en la parroquia La Magdalena, sector Cdla Atahualpa en la Avenida Alonso de Angulo Oe2-632 y la intersección calle Jipijapa se encuentra ubicada la escuela fiscal mixta “Juan Genaro Jaramillo”(Figura 2.20).



Figura 2.20. Escuela Fiscal Mixta “Juan Genaro Jaramillo”

La escuela prepara alrededor de 1400 estudiantes en su sección matutina y vespertina, brindando los servicios de ciclo básico, inicial, primero de básica hasta séptimo de básica. La escuela cuenta con 1 laboratorio de ciencias, 1 laboratorio de computación, oficinas para administrativos, bodegas, aulas y 4 baños.

Para el proyecto se realizó una inspección visual y se pudo concluir que existen errores en la instalación eléctrica de la escuela. Un factor por el cual existen fallas en la instalación eléctrica son los años de construcción de la escuela, además hace dos años funcionaba como institución nocturna (colegio), y existe la posibilidad que la falta de concienciación de los estudiantes ocasionó daños en la instalación eléctrica.

2.2. INSTALACIÓN ACTUAL DE LA ESCUELA FISCAL MIXTA “JUAN GENARO JARAMILLO”

A continuación se detalla el estado actual de las instalaciones eléctricas de la institución, verificando cada circuito para obtener las condiciones en las que se encuentra: estado de conductores, protecciones y la correcta instalación de iluminación, además busca que sea óptima para la salud visual de los estudiantes y administrativos.

2.2.1. TRANSFORMADOR

El transformador que se muestra en Figura 2.21 es trifásico de 75 KVA y pertenece a la Empresa Eléctrica Quito (EEQ), distribuye energía a varios predios y también a la escuela fiscal mixta “Juan Genaro Jaramillo”, el presente proyecto q no aborda en el cambio o estudio del transformador.



Figura 2.21. Transformador 75 KVA de la EEQ

2.2.2. ACOMETIDA

La acometida actual es proporcionada por la Empresa Eléctrica Quito (EEQ), la acometida es de 4 x 4 AWG de tipo THW en cobre de tipo aérea, como se muestra en la Figura 2.22

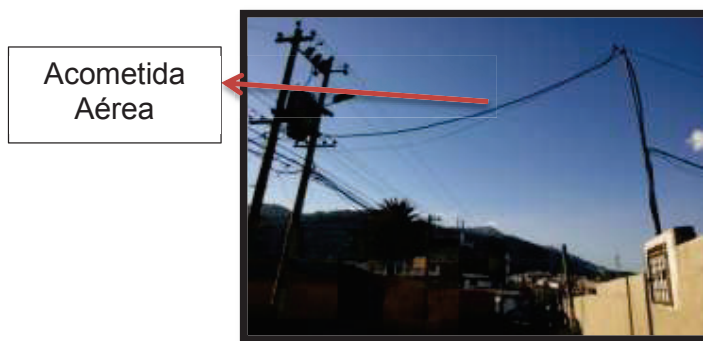


Figura 2.22. Acometida aérea de la EEQ

2.2.2.1. Contador eléctrico

El contador eléctrico es instalado por la Empresa Eléctrica Quito (EEQ) como se muestra en la Figura 2.23. La caja de distribución contiene 3 borneras ocasionando que una fase no se pueda conectar, al tener cable 4x4 AWG de cobre es necesario una caja de distribución de 4 borneras, los cables ocupan zonas innecesarias ocasionando pérdidas de cable y dificulta al realizar mantenimiento de los circuitos debido al desorden existente en el cableado. El contador eléctrico tipo Hexing de funcionamiento mecánico de tipo bifásico a 3 hilos (2 fases + Neutro) se encuentra en buen estado, sin embargo no tiene una puesta a tierra como se manifiesta en las normas *NEC 2011 Capítulo 15: 15.1.2.3; Obras civiles*; la empresa suministradora debe instalar una varilla Copperweld de 1.8 metros y conectar con conductor aislado o desnudo No 8 AWG.



Figura 2.23. Contador eléctrico del plantel educativo

2.2.3. ALIMENTADORES EN LA INSTALACIÓN ACTUAL

El alimentador principal que se instala del contador eléctrico al tablero principal es de tipo aéreo, como especifica las normativas *NEC 2011 Capítulo 15: 15.1.7.1*; la instalación de un alimentador es por ducto, como se observa en la Figura 2.24, no cumple con las normativa estipulada.

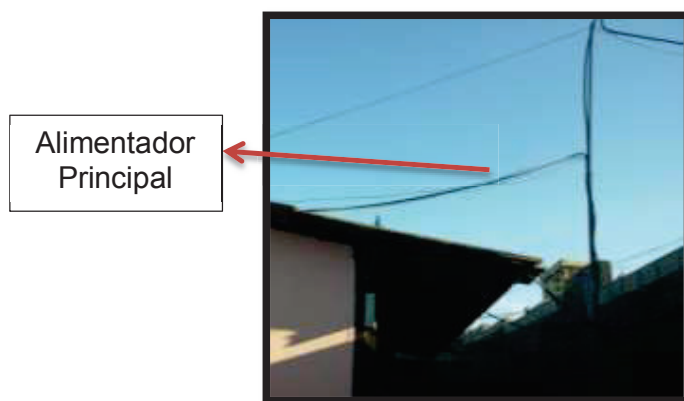


Figura 2.24. Alimentador principal del plantel educativo

2.2.4. TABLERO PRINCIPAL Y DE DISTRIBUCIÓN DE LA ESCUELA FISCAL MIXTA “JUAN GENARO JARAMILLO”

2.2.4.1. Tablero Principal

El tablero principal se encuentra ubicado en el borde de una ventana que pertenece a una aula de clase como se muestra en la Figura 2.25, el tablero no tiene cubierta incumpliendo con la normativa *NEC 2011 Capítulo 15: 15.1.6.0; Conceptos generales*; exponiendo al contacto con las partes energizadas a estudiantes y personal del plantel.



Figura 2.25. Tablero principal de la escuela "Juan Genaro Jaramillo"

2.2.4.2. Tableros de distribución

Existen 10 tableros de distribución que distribuyen la energía de la instalación eléctrica de la escuela fiscal mixta “Juan Genaro Jaramillo”. Varios de ellos están en mal estado (Figura 2.26).



Figura 2.26. Tableros de distribución del plantel educativo

2.2.5. CIRCUITOS DERIVADOS

La distribución de la energía eléctrica en la escuela fiscal mixta “Juan Genaro Jaramillo” se encuentra en mal estado por la existencia de cables aéreos como se muestra en la Figura 2.27, siendo peligrosos para los estudiantes.



Figura 2.27. Cruce de cables eléctricos en la escuela

Existen empalmes sin protección siendo un factor elevado de inseguridad para el plantel educativo, se muestra en la Figura 2.28.



Figura 2.28. Empalmes a la intemperie de la escuela

Los conductores en la institución se encuentran en mal estado por la existencia de conductores visibles en las conexiones de iluminación, cables deteriorados por factor uso, conductores empalmados para el suministro de energía eléctrica (Figura 2.29).



Figura 2.29. Conexiones inadecuadas de los conductores

Existen conductores que alcanzan largas distancias ocasionando caídas de voltaje importantes y pérdidas en el consumo energético ocasionando altos costos en los pagos. Esto se evidencio midiendo los voltajes con un multímetro en el tablero principal (Figura 2.30), y en la terminación del circuito (Figura 2.31).

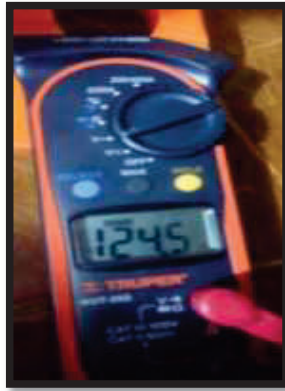


Figura 2.30. Valor de voltaje en tablero principal



Figura 2.31. Valor de voltaje en el lugar más alejado

Realizando un cálculo con la siguiente fórmula:

$$e\% = \frac{124.5 - 117.3}{124.5}$$

$$e\% = 5.78 \%$$

Al obtener una caída de voltaje de 5.78% no se cumple con la normativa *NEC 2011 Capítulo 15: 15.1.6.0*; donde especifica que no debe exceder el 3% y en casos extremos no exceder el 5%, se evidencia la caída de tensión que existe en este circuito eléctrico.

Los conductores en la instalación eléctrica actual no acatan la normativa *NEC 2011 Capítulo 15: 15.1.8.0; Conceptos generales*; que especifica el código de colores, tratado en el numeral 1.2.5.2 del proyecto.

Las cajas de conexión para la protección de empalmes y conexiones se encuentran sin tapas produciendo que el medio ambiente ocasione daños en las conexiones de los circuitos como se muestra en la Figura 2.32.

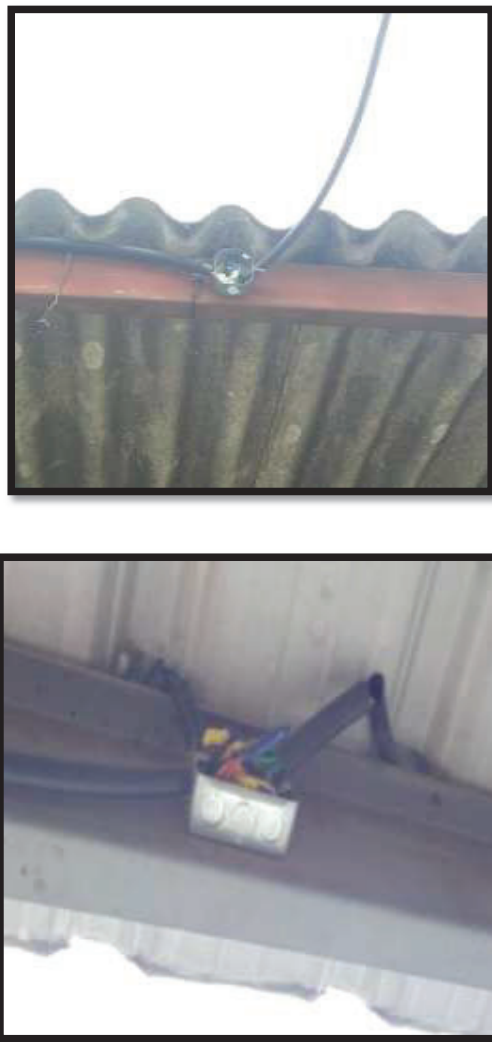


Figura 2.32. Caja de conexiones sin cubierta

2.2.5.1. Estado actual de los tomacorrientes del plantel educativo

Los tomacorrientes según la Normativa *NEC 2011 Capítulo 15: 15.1.11.3*; para planteles educativos exige 2 tomacorrientes como máximo en cada aula de clase, actualmente se encuentra instalado 1 tomacorriente por aula, su mayoría en mal estado. También en la normativa exige que en planteles educativos los circuitos de tomacorrientes debe tener protecciones diferenciales, actualmente la escuela fiscal mixta “Juan Genaro Jaramillo”.

Los tomacorrientes son de tipo alveolos (Fase, Neutro, Tierra) como concierda la normativa *NEC 2011 Capítulo 15: 15.1.11.3*; actualmente los tomacorrientes se encuentran en malas condiciones (Ver Figura 2.33) creando inseguridad a los alumnos y personal que labora en el plantel educativo.



Figura 2.33. Tomacorrientes en mal estado

2.2.5.2. Estado actual de los interruptores del plantel educativo

Los interruptores en el plantel educativo se encuentran en mal estado y sus conductores para su funcionamiento se encuentran visibles como se muestra en la Figura 2.34, siendo peligroso para los alumnos del plantel educativo.



Figura 2.34. Interruptores en mal estado del plantel educativo

2.2.6. SISTEMA DE ILUMINACIÓN EN EL PLANEL EDUACTIVO

La iluminación es un factor importante en la instalación eléctrica por su dependencia con la salud de los estudiantes y administrativos, en la instalación

eléctrica actual existe fallas en la iluminación conectando lámparas de diferentes tipos (Ver Figura 2.35), además de no cumplir con los niveles de iluminación provocando fatiga ocular, accidentes y daños en la vista se menciona en el capítulo 1.4.1.6; del presente proyecto.



Figura 2.35. Instalación de lámpara fluorescente e incandescente

2.2.6.1. Iluminación en interiores

Un aula iluminada no es la que tiene suficiente cantidad de energía lumínica, debe acatar los estándares y normativas correspondientes para tener un lugar seguro y confortable, se toma como ejemplo el Aula 3 para evidenciar la falta de iluminación en el aula de clase, cálculos realizados en el capítulo 3; 3.2.1.2; *Cálculo de luminarias*; del proyecto. Se considera una iluminación de 300 Lux para aulas de clases según la normativa *NEC 2011 Capítulo 15: 15.1.11.3*; se muestra la Tabla 2.1; donde describe las dimensiones del aula A3, para el cálculo de luminarias.

Tabla 2.1. Dimensiones del aula A3

DESCRIPCIÓN	DIMENSIONES				
	ITEM	Largo [m]	Ancho [m]	Área [m2]	Altura [m]
AULA A3	1 - 2	9	6,3	56,7	3

Actualmente en el aula mencionada se encuentran instaladas 6 lámparas incandescentes de 100w (Figura 2.36), se muestra en la Tabla 2.2 la falta de iluminación actual en comparación con el nuevo diseño, donde evidencia que

existe un problema en la iluminación donde es necesario utilizar 22 lámparas incandescentes para alcanzar el nivel de iluminación establecido (300 Lux).

Tabla 2.2. Comparación de luminarias actuales con el rediseño

CÁLCULO DE LUMINARIA ACTUAL DEL AULA A3						
ITEM	luminarias			Flujo Total [Lum]	Cálculo de luminarias	Número de luminarias instaladas
	TIPO	Flujo Luminoso [Lum]	Potencia [W]			
1	Incandescentes	1800	100	40117,9	22,3	6
2	Fluorescente Electrónica	2900	2x28	47250	8,1	6

INSTALACIÓN
ACTUAL

REDISEÑO

Se puede mencionar también que las lámparas incandescentes (Figura 2.36), ocasionan pérdidas en el consumo energético, el Gobierno actual promueve campañas para el uso de lámparas ahorradoras de energía eléctrica promoviendo la no utilización de lámparas incandescente.



Figura 2.36. Lámparas incandescentes en el aula de clase

Existen lámparas en mal estado (Ver Figura 2.37); y no cumple con la normativa *NEC 2011 Capítulo 15: 15.1.11.0; Conceptos Generales*; donde exige que uniones y derivaciones de la conexión de luminarias se realice dentro de una caja de accesorio (Ver Figura 2.38).



Figura 2.37. Circuito de iluminación en mal estado



Figura 2.38. Conexiones en malas condiciones

2.2.6.2. Iluminación en el exterior

El plantel educativo no cuenta con iluminación externa para patios, cancha de juegos y accesos a la institución, lo que es un problema para la jornada vespertina donde laboran en horario de 1 pm hasta 6 pm, y mayor para profesores y administrativos cuyo horario de salida es a la 7pm (Ver Figura 2.39).



Figura 2.39. Plantel educativo sin iluminarias externas

La institución tiene instaladas luminarias en la parte externa de las aulas, existen lámparas externas en malas condiciones y otras fuera de funcionamiento (Ver Figura 2.40). En el plantel educativo las lámparas instaladas en el exterior de cada aula de clase no funcionan actualmente.



Figura 2.40. Lámpara externa en malas condiciones

2.3. ESTUDIO DE CARGA DEL PLANTEL EDUCATIVO

El estudio de carga en una instalación eléctrica es de importancia para un proyecto eléctrico porque detalla las necesidades de carga eléctrica en el plantel educativo, para el estudio de carga del proyecto se realizó una inspección de la carga eléctrica que se utiliza la institución.

2.3.1. DESCRIPCIÓN DE CARGA EN CADA SERVICIO DEL PLANTEL EDUCATIVO.

El plantel educativo cuenta con 21 aulas de clases para la jornada matutina y vespertina, 3 laboratorios de computación, ciencias naturales y audiovisuales correspondientemente, se consideraron como bodegas aulas sin uso donde se guardan material didáctico y muebles, oficinas. En total suman 13 bodegas de material didáctico, 1 bar para los alumnos y administrativos, 11 baños donde se distribuyen de la siguiente manera; 5 baños para uso de los estudiantes pero actualmente solo funcionan 3 baños y los restantes se encuentran inhabilitados en bodegas donde antes eran oficinas de uso administrativos para la jornada nocturna.

Existe un problema con respecto a tableros principales y subtableros en los circuitos de distribución para las cargas eléctricas instaladas actualmente en el plantel educativo por el desorden en las conexiones, en el cual no se puede diferenciar a que tablero o subtableros pertenece el circuito, por ende se realizó un estudio de carga general del plantel educativo.

Se describe a continuación cada servicio del plantel educativo con su respectivo consumo energético:

- Aula 1 – Aula 2; Lámpara fluorescente 2x40W
- Aula 3 – Aula 6 – Aula 11 – Aula 13 – Aula 15; Lámpara incandescente 100W
- Aula 4 – Aula 16; Lámpara incandescente 100W, lámpara fluorescente 40W
- Aula 5 – Aula 7 – Aula 9 – Aula 12 – Aula 14 ; Lámpara incandescente 100W, Lámparas compactas 80W
- Aula 8 – Aula 10 – Aula 17; Lámpara fluorescente 60W.
- Aula 18 – Aula 19 – Aula 21; Lámpara fluorescente 40W.
- Aula 20; Lámpara compacta 80 W.
- Laboratorio 1 (Computación); Lámpara fluorescente 60W, 25 computadoras 250W, infocus 450W
- Laboratorio 2 (Ciencias Naturales); Lámparas fluorescente 2x40W, Televisión 180W, DVD 100W, VHS 200W.
- Laboratorio 3 (Audiovisuales); Lámpara fluorescente 40W, Televisión 180W, DVD 100W, Laptop 100W, Infocus 450W.
- Bar; Lámpara incandescente 100W, 3 congeladores 110W, microondas 800W, batidora 250W, licuadora 300W, radio 80W.
- Bodega 1 – 2 – 3 – 4 – 5 – 6 – 8 – 9 – 11 – 12 – 13; Lámpara incandescente 100W.
- Bodega 7; Lámpara incandescente 100W, Lámparas compactas 80W.
- Bodega 10; Lámpara incandescente 100W, lámpara fluorescente de 40W.
- Oficina 1; Lámpara fluorescente 60W, laptop 100W, impresora 32W, computadora 250W.

- Oficina 2 – 6 – 7 – 8 – 9; Lámpara incandescente 100W, laptop 100W, radio 80W.
- Oficina 3 – 4 – 5; Lámpara fluorescente 40W, laptop 100W, impresora 32W.
- Baño 1 – 2 – 3 – 4 – 5 – 6 – 7 – 10; Lámpara incandescente 100W
- Baño 8 – 9; Lámparas compactas 80W.
- Baño 11; Lámpara fluorescente 60W.

Parte externa de las aulas de clases:

- Externo; Lámpara incandescente 100W.

Para el transformador de 75 KVA explicado en el numeral 2.2.1 del presente proyecto se describe el consumo energético actual del plantel educativo. Se muestra en la Tabla 2.4; la carga total considerando los siguientes parámetros:

- Potencia nominal (Pn); Valor establecido por el fabricante.
- Carga instalada (CI); se obtiene multiplicando el número de carga con la potencia nominal.

$$CI = CANT * Pn$$

- Factor de Demanda (FD); Conocido como factor de utilización, indica la cantidad promedio de energía eléctrica necesaria para el funcionamiento de la carga. El valor es dado por el proyectista.
- Carga instalada representativa (CIR); se obtiene el valor con la siguiente expresión:

$$CIR = CI * (FD/100)$$

- Factor de simultaneidad (Fsn); Expresado en porcentaje, es establecido por el proyectista para cada carga dependiendo de la forma de utilidad del aparato eléctrico.
- Demanda Máxima Unitaria (DMU); expresada en Watts, es convertida a voltamperios (VA) considerando el factor de potencia establecida por la Empresa Eléctrica Quito (EEQ).

$$DMU [W] = CIR * \left(\frac{Fsn}{100}\right)$$

$$DMU [VA] = DMU [W] * FP$$

- Factor de potencia (FP); Se considera el factor de potencia nominal de las cargas más frecuentes, se muestra en la Tabla 2.3. **[18]**

Tabla 2.3. Factor de potencia de los aparatos más frecuentes

APARATO	COS ϕ
Motor asíncrono carga 0%	0.17
25%	0.55
50%	0.73
75%	0.80
100%	0.85
Lámparas de incandescencia	1
Lámpara de fluorescencia no compensada	0.6
Lámpara de fluorescencia compensada	0.93
Lámpara de descarga	0.4 a 0.6
Horno de resistencia	1
Horno de inducción	0.8
Máquina de soldadura	0.8 a 0.9

- Factor de Demanda Total (FDM); definido por la relación entre Demanda Máxima Unitaria (DMU) y la Carga Instalada (CI), indica la carga instalada que es utilizada en un periodo de máxima carga, el FDM debe ser máximo de 0.6 como especifica la Norma para Sistemas de Distribución, Parte A de la Empresa Eléctrica Quito. **[11]**
- En todo diseño se especifica un 25% adicional a la Demanda Máxima Unitaria (DMU) para futuras implementaciones.

Tabla 2.4. Estudio de carga instalada en el plantel educativo

ESTUDIO DE CARGA DE LA ESCUELA FISCAL MIXTA "JUAN GENARO JARAMILLO"										
No	DESCRIPCIÓN	CAN T	Pn [W]	CI [W]	FD [%]	CIR [W]	Fsn [%]	DMU [W]	FP	DMU [VA]
1	Lámpara fluorescentes 2x40W	18	80	1440	90	1296	70	907,2	0,6	1512
2	Lámpara incandescente	120	100	12000	90	10800	70	7560	1	7560
3	Lámpara fluorescentes 40 W	28	40	1120	90	1008	70	705,6	0,6	1176
4	Lámpara compacta	27	80	2160	90	1944	70	1360,8	1	1360,8
5	Lámpara fluorescente 60 W	27	60	1620	90	1458	70	1020,6	0,6	1701
6	Computadoras	25	250	6250	90	5625	90	5062,5	0,8	6328,13
7	Infocus	2	450	900	50	450	70	315	1	315
8	Televisión	2	180	360	90	324	20	64,8	1	64,8
9	DVD	2	100	200	70	140	60	84	1	84
10	VHS	3	200	600	70	420	60	252	1	252
11	Laptop	12	100	1200	90	1080	90	972	1	972
12	Congeladores pequeños	3	110	330	90	297	90	267,3	0,8	334,125
13	Microondas	1	800	800	60	480	70	336	1	336
14	Batidora	1	250	250	60	150	60	90	0,8	112,5
15	Licuada	2	600	1200	60	720	60	432	0,8	540
16	Radio	5	80	400	70	280	90	252	1	252
17	Impresora	2	32	64	70	44,8	80	35,84	1	35,84

TOTALES 30894 26517 19717,6 22936,2

**FACTOR DE
DEMANDA**

$$FDM = \frac{DMU}{CI} = \frac{19717,6}{30894} = 0,63$$

RESERVA 25% 22936,2
+ 5734,1

DMU [KVA]

28,7

2.3.2. CARGA TOTAL INSTALADA

En la escuela fiscal mixta "Juan Genaro Jaramillo" se realizó un estudio de carga de cada dispositivo eléctrico que se usa en el plantel, se suma todas las potencias utilizadas en aulas, oficinas, baños, bodegas y bar, obteniendo la carga total suministrada por el transformador de 75KVA.

En la Tabla 2.5 se muestra la carga total instalada en el plantel educativo especificando el porcentaje de consumo, se aprecia que existe un consumo de 38.3% del total del transformador perteneciente a la Empresa Eléctrica Quito (EEQ), el 61.7% corresponde la potencia que es suministrada a varios predios alrededor del plantel educativo.

Tabla 2.5. Carga total instalada en el plantel educativo

CARGA TOTAL INSTALADA EN EL PLANTEL EDUCATIVO		
Transformador EEQ [KVA]	75	100%
POTENCIA TOTAL INSTALADA [KVA]	28.7	38.3%
POTENCIA SOBRANTE [KVA]	46.3	61.7%

CAPÍTULO 3

NUEVO DISEÑO ELÉCTRICO DE LA ESCUELA FISCAL MIXTA “JUAN GENARO JARAMILLO”

3.1. GENERALIDADES

En el plantel educativo existen fallas en su instalación eléctrica actual como se menciona en el capítulo 2 del presente proyecto. Los alimentadores, circuitos de derivación, protecciones y elementos como interruptores, conductores, luminarias presentan fallas. En este capítulo se describe el diseño de iluminación utilizando el método de lúmenes el cual consiste en cálculo del número de luminarias.

El rediseño eléctrico mejorará elementos que se encuentren en mal estado como conductores, lámparas de iluminación, tomacorrientes, interruptores, entre otros. Establece circuitos nuevos atendiendo la necesidad de consumo energético con la correcta protección para precautelar la seguridad de las personas que laboran en la institución.

Se realiza un análisis técnico en la selección de dispositivos eléctricos para la correcta instalación eléctrica en el nuevo diseño, contiene la correcta interpretación del nuevo diseño del plantel educativo asistidos en planos eléctricos del actual y nuevo diseño eléctrico (Anexo 10).

3.2. DISEÑO DE ILUMINACIÓN

Para el diseño de iluminación se debe seleccionar una luminaria adecuada que satisfaga las necesidades requeridas, según la normativa *NEC 2011 Capítulo 15: 15.1.11.3*; la cual especifica la iluminación para cada tipo de recinto en Lux, se muestra en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1. Iluminación en ambientes de educacionales

Tipo de recinto	Iluminancia [Lux]
Biblioteca	400

Cocinas	300
Oficinas	300
Pasillos	100
Aulas de clases	300

3.2.1. SELECCIÓN DE LUMINARIAS

Para la selección de luminarias en cada espacio del plantel educativo, es importante considerar; el ambiente de instalación, agentes contaminantes que puedan alterar la vida útil de la luminaria y las especificaciones técnicas de la luminaria.

Para las aulas de clases, oficinas, baños, bar, laboratorios, y bodegas de la Escuela Fiscal Mixta “Juan Genaro Jaramillo”, se considera las siguientes luminarias:

- Luminaria fluorescente electrónica
 Marca: Sylvania FHE 28w T5
 Número de tubos: 2
 Flujo luminoso: 2 x 2900 lumen
 Potencia de la luminaria: 2 x 28 W
 Voltaje: 120 V
 Dimensiones: Largo 1.16 m y ancho 0.016 m.
- Luminaria fluorescente
 Marca: Sylvania FHE 32w T8
 Número de tubos: 3
 Flujo luminoso: 3 x 2200 lumen
 Potencia de la luminaria: 3 x 32 W
 Voltaje: 120 V
 Dimensiones: Largo 1.16 m y ancho 0.016 m

- Luminaria fluorescente compacto
 Marca: Sylvania Mini Lynx 3U
 Número de lámpara: 1
 Flujo luminoso: 1500 lumen
 Potencia de la luminaria: 25 W
 Voltaje: 120 V
 Dimensiones: Largo 0.179 m y ancho 0.05 m

3.2.1.1. Distribución de luminarias

En la distribución de luminarias se utilizó criterio técnico tomando en cuenta las especificaciones del fabricante, de acuerdo a lo mencionado se distribuye de la siguiente manera:

- **Aulas de clases del plantel educativo**

En aulas de clases se consideró una luminaria de montaje suspendida marca Sylvania FHE 28w T5, constituido por 2 tubos fluorescentes de 1.16 m de largo y 0.016 m de ancho cada uno. Adecuada para planteles educativos y cumpliendo con los 300 Lux establecidos en la normativa *NEC 2011 Capítulo 15: 15.1.11.3*. La luminaria incorpora un balasto electrónico para facilitar el encendido.

- **Oficinas del plantel educativo**

En las oficinas se consideró un luminaria de 3 tubos de 1.16 m de largo y 0.016 m de ancho cada una, marca: Sylvania FHE 32w T8 y su estructura de luminaria es ideal para oficina por motivo de diseño, y cumpliendo con la normativa *NEC 2011 Capítulo 15: 15.1.11.3*; donde indica un nivel de iluminación de 300 Lux para oficinas.

- **Baños y bodegas del plantel educativo**

En los baños y bodegas del plantel educativo es importante optimizar el ahorro energético por ende se consideró una Luminaria fluorescente compacta (Ahorrador) marca: Sylvania Mini Lynx 3U de 25 Watts.

- **Bar del plantel educativo**

En el bar del plantel educativo es necesario una iluminación de 300 Lux establecidos en la normativa *NEC 2011 Capítulo 15: 15.1.11.3*; se consideró la misma luminaria de las aulas de clases con un montaje empotrado.

3.2.1.2. Cálculo de luminarias

Para el cálculo de luminarias se considera los parámetros que se especifican en la parte 1.4.3.2 del proyecto.

Se realiza un ejemplo de cálculo de luminaria para aula de clase del plantel educativo, los demás resultados se tabula en la parte 3.2.1.5 del proyecto.

- **Aula del plantel educativo**

Ancho (A) = 6.3 m

Largo (B) = 9 m

Altura (H) = 2 m (se considera altura del plano útil a la luminaria)

- Se fija el nivel de iluminación, obteniendo el valor (E = 300 Lux) de la Tabla 3.1; *del proyecto actual* para aulas de clases.
- Al seleccionar una lámpara se considera el flujo luminoso, obteniendo un valor FL= 6382 Lúmenes (Ver Anexo 4)
- Se calcula el índice del local con la *Ecuación 1.11*; del presente proyecto:

$$K = \frac{A * B}{H (A + B)}$$

$$K = \frac{6.3 * 9}{3 (6.3 + 9)}$$

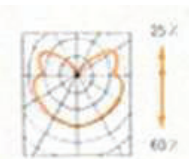

$$K = 1.235$$


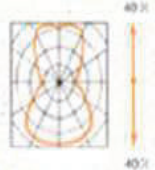
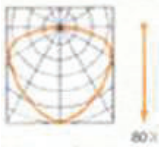

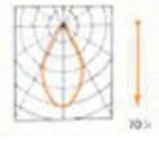

Para obtener el factor de utilización (μ), se considera el coeficiente de reflexión en techo = 0.8 y paredes = 0.5, de acuerdo a la Tabla 3.2; con los parámetros del tipo de luminaria, índice del local y coeficiente de reflexión; se obtiene un factor de utilización $\mu = 0.45$ de acuerdo a la Tabla 3.3.

Tabla 3.2. Coeficiente de reflexión [13]

COEFICIENTE DE REFLEXIÓN		
	COLOR	FACTOR DE REFLEXIÓN
TECHO	Blanco o muy claro	0.7
	Claro	0.5
	Medio	0.3
PAREDES	Claro	0.5
	Medio	0.3
	Oscuro	0.1
SUELO	Claro	0.3
	Oscuro	0.1

Tabla 3.3. Factor de utilización en iluminarias [13]

FACTOR DE UTILIZACIÓN DE ALGUNAS LUMINARIAS				
TIPO DE ILUMINACIÓN	ÍNDICE DEL LOCAL K	TECHO		
		70%		
		PAREDES		
		50%	30%	10%
 	0,50 - 0,70	0,28	0,22	0,18
	0,70 - 0,90	0,35	0,29	0,25
	0,90 - 1,10	0,39	0,33	0,3
	1,10 - 1,40	0,45	0,38	0,33
	1,40 - 1,75	0,49	0,42	0,37
	1,75 - 2,25	0,56	0,5	0,44
	2,25 - 2,75	0,6	0,55	0,5
	2,75 - 3,50	0,64	0,59	0,51
	3,50 - 4,50	0,68	0,62	0,59
	4,50 - 6,50	0,7	0,65	0,62

 	0,50 - 0,70	0,26	0,23	0,21
	0,70 - 0,90	0,32	0,29	0,27
	0,90 - 1,10	0,37	0,33	0,31
	1,10 - 1,40	0,4	0,36	0,34
	1,40 - 1,75	0,42	0,39	0,36
	1,75 - 2,25	0,46	0,43	0,4
	2,25 - 2,75	0,5	0,46	0,43
	2,75 - 3,50	0,52	0,48	0,45
	3,50 - 4,50	0,55	0,52	0,49
	4,50 - 6,50	0,57	0,54	0,51
   	0,50 - 0,70	0,38	0,32	0,28
	0,70 - 0,90	0,46	0,42	0,38
	0,90 - 1,10	0,5	0,46	0,43
	1,10 - 1,40	0,54	0,5	0,48
	1,40 - 1,75	0,58	0,54	0,51
	1,75 - 2,25	0,62	0,59	0,56
	2,25 - 2,75	0,67	0,64	0,61
	2,75 - 3,50	0,63	0,66	0,63
	3,50 - 4,50	0,72	0,7	0,67
	4,50 - 6,50	0,74	0,71	0,69
	0,50 - 0,70	0,35	0,32	0,3
	0,70 - 0,90	0,43	0,39	0,37
	0,90 - 1,10	0,48	0,45	0,42
	1,10 - 1,40	0,53	0,5	0,47
	1,40 - 1,75	0,57	0,53	0,5
	1,75 - 2,25	0,61	0,57	0,55
	2,25 - 2,75	0,64	0,61	0,57
	2,75 - 3,50	0,66	0,63	0,61
	3,50 - 4,50	0,68	0,66	0,63
	4,50 - 6,50	0,69	0,67	0,66

- Para el factor de mantenimiento (Fm); con respecto a la Tabla 3.4, se tiene un ambiente con poca contaminación y un mantenimiento regular; obteniendo $Fm = 0.8$

Tabla 3.4. Factor de mantenimiento

FACTOR DE MANTENIMIENTO		
BUENO	Ambiente limpio con mantenimiento frecuente y reposición periódica de lámparas	0.88 – 0.95
REGULAR	Ambiente con poca contaminación, mantenimiento regular, reposición de lámparas	0.8 – 0.91
MALO	Ambiente contaminado con poca reposición de lámparas	0.57 – 0.8

3.2.1.3. Número de luminarias

Para el cálculo del número de luminarias se expresa con la *Ecuación 1.12*; del presente proyecto:

$$N = \frac{E * \text{área del piso}}{FL * \mu * Fm} [\text{Número de luminarias}]$$

$$N = \frac{300 * 56.7}{(2 * 2900) * 0.45 * 0.8} [\text{Número de luminarias}]$$

$$N = 8.1 [\text{Número de luminarias}]$$

Para iluminar el aula de clase del plantel educativo es necesario según el cálculo es de 8 luminarias, pero se instalará 6 luminarias de doble tubo fluorescente 2 x 28 W por motivo de espacio, utilizando el software Dialux 4.12, se puede afirmar que si es posible realizarlo.

3.2.1.4. Software Dialux 4.12

El programa Dialux 4.12 facilita el diseño de iluminación, generando proyectos realistas en tercera dimensión (3D). Para su aplicación se toma datos de lámparas e iluminarias de fabricantes líderes en el mercado, donde se especifica en forma técnica la utilidad de cada una de las luminarias que se utiliza en el establecimiento a proyectarse.

Para el proyecto de iluminación se utilizó el software Dialux 4.12 donde se afirma el número de luminarias para las aulas de clases de la Escuela Fiscal Mixta “Juan

Genaro Jaramillo”, en la Figura 3.1 se muestra un aula de clase del plantel educativo ilustrada en 3D. Para el numeral 3.2.1.3 del proyecto se calcula el número de luminarias y se afirma que el cálculo de luminarias es correcta obteniendo 6 luminarias de doble tubo fluorescente 2 x 28W y cumpliendo con la distribución de Lux logrando un valor de $Lux = 379$; se muestra en la Figura 3.2 cumpliendo con la normativa *NEC 2011 Capítulo 15: 15.1.11.3*; específicamente en la Tabla 3.1; donde muestra un nivel de 300 Lux.



Figura 3.1. Ilustración de aula de clase del plantel educativo en Dialux 4.12

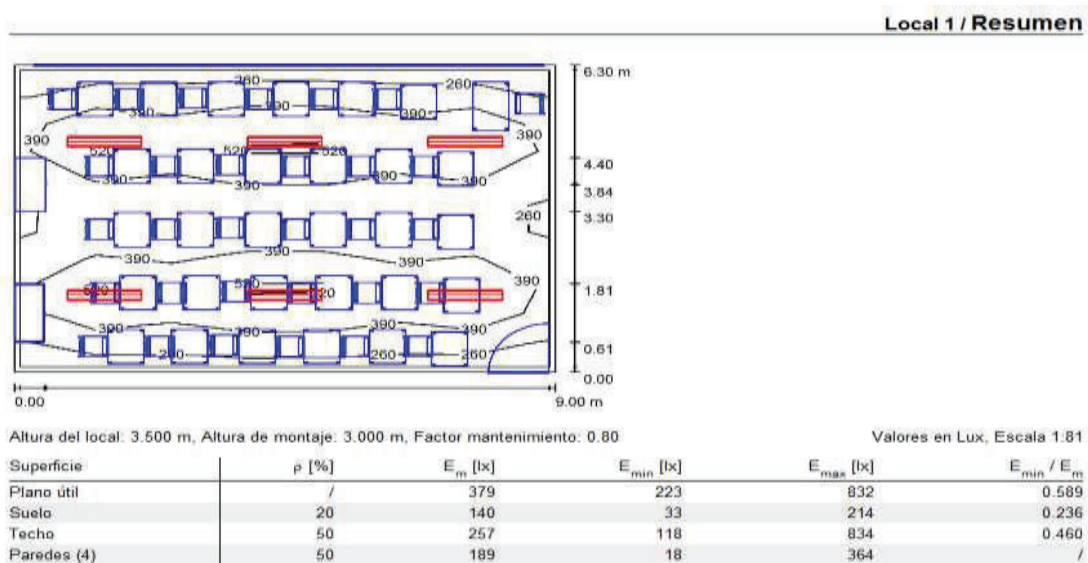


Figura 3.2. Distribución de iluminación en el plano de trabajo en Dialux 4.12

3.2.1.5. Tablas del número de luminarias a instalar en el interior del plantel educativo

Para la instalación de luminarias en cada lugar de trabajo de la Escuela Fiscal Mixta “Juan Genaro Jaramillo”, conjuntamente con la normativa *NEC 2011 Capítulo 15: 15.1.11.3*; estableciendo la correcta iluminación en Lux se calculó el número de luminarias que se instalará en el plantel educativo, en las tablas se consideró 3 tipos de luminarias:

- TIPO A (Fluorescente electrónica 2 x 28w)
- TIPO B (Fluorescente electrónica 3 x 32w)
- TIPO C (Fluorescente compacta de 25w)

Para realizar cada tabla se divide en partes las áreas del plantel educativo por facilidad de diseño y cálculo de luminarias a continuación se muestra las tablas características del número de luminarias:

Tabla 3.5. Cálculo de luminaria parte A

CÁLCULO DE LUMINARIAS PARTE A DEL PLANTEL EDUCATIVO																
ITEM	DESCRIPCIÓN	DIMENSIONES				Iluminación [Lux]	luminarias		CÁLCULOS				Cálculo de luminarias instaladas	Número de luminarias instaladas		
		Largo [m]	Ancho [m]	Área [m2]	Altura [m]		TIPO	Flujo Luminoso [Lum]	Potencia [W]	Coeficientes						
										K	μ	Fm				
1	Aula 1	5,5	8	44	3	300	Fluorescente Electrónica	2900	2x28	1,08	0,39	0,8	42307,7	6		
2	Aula 2	5,5	8	44	3	300	Fluorescente Electrónica	2900	2x28	1,08	0,39	0,8	42307,7	6		
3	Aula 3	9	6,3	56,7	3	300	Fluorescente Electrónica	2900	2x28	1,23	0,45	0,8	47250	6		
4	Aula 4	9	6,3	56,7	3	300	Fluorescente Electrónica	2900	2x28	1,23	0,45	0,8	47250	6		
5	Baño 1	6	3,6	21,6	2,5	100	Fluorescente compactas	1500	25	0,9	0,48	0,8	5625	4		
6	Bar	4,7	6,3	29,6	2,5	300	Fluorescente Electrónica	2900	2x28	1,07	0,39	0,8	28461,5	4		
7	Laboratorio 1	5	6,3	31,5	2,5	200	Fluorescente Electrónica	2200	3x32	1,11	0,4	0,8	19687,5	3		
										TOTAL DE LUMINARIAS				TIPO A	35,7	28
														TIPO B	3,75	4
														TIPO C	2,9	3
														TOTAL	42,35	35

Tabla 3.6. Cálculo de luminarias parte B

CÁLCULO DE LUMINARIAS PARTE B DEL PLANTEL EDUCATIVO												
ITEM	DESCRIPCIÓN	DIMENSIONES				luminarias			CÁLCULOS			
		Largo [m]	Ancho [m]	Área [m2]	Altura [m]	Iluminación [Lux]	TIPO	Flujo Luminoso [Lum]	Potencia [W]	Coeficientes		
										K	μ	Fm
1	Aula 5	9	6,3	56,7	3	300	Fluorescente Electrónica	2900	2x28	1,23	0,45	0,8
2	Aula 6	9	6,3	56,7	3	300	Fluorescente Electrónica	2900	2x28	1,23	0,45	0,8
3	Aula 7	9	6,3	56,7	3	300	Fluorescente Electrónica	2900	2x28	1,23	0,45	0,8
4	Aula 8	9	6,3	56,7	3	300	Fluorescente Electrónica	2900	2x28	1,23	0,45	0,8
5	Aula 9	9	6,3	56,7	3	300	Fluorescente Electrónica	2900	2x28	1,23	0,45	0,8
6	Oficina 7	3,6	3,2	11,52	2,5	300	Fluorescente Electrónica	2200	3x32	0,67	0,26	0,8
7	Oficina 8	3,6	3,2	11,52	2,5	300	Fluorescente Electrónica	2200	3x32	0,67	0,26	0,8
8	Oficina 9	3,6	3,7	13,3	2,5	300	Fluorescente Electrónica	2200	3x32	0,72	0,32	0,8
9	Bodega 1	3,6	3,7	13,3	2,5	100	Fluorescente compactas	1500	25	0,72	0,43	0,8
TOTAL DE LUMINARIAS										TIPO A		
										40,5		
										TIPO B		
										7,3		
TOTAL DE LUMINARIAS										TIPO C		
										2,5		
TOTAL										50,3		
										38		

Tabla 3.7. Cálculo de luminarias parte C

CÁLCULO DE LUMINARIAS PARTE C DEL PLANTEL EDUCATIVO															
ITEM	DESCRIPCIÓN	DIMENSIONES				Iluminación [Lux]	luminarias			CÁLCULOS				Cálculo de luminarias	Número de luminarias instaladas
		Largo [m]	Ancho [m]	Área [m2]	Altura [m]		TIPO	Flujo Luminoso [Lum]	Potencia [W]	Coeficientes					
										K	μ	Fm			
													Flujo Total [Lum]		
1	Aula 10	9	6,3	56,7	3	300	Fluorescente Electrónica	2900	2x28	1,23	0,45	0,8	47250	8,1	6
2	Aula 11	9	6,3	56,7	3	300	Fluorescente Electrónica	2901	2x28	1,23	0,45	0,8	47250	8,1	6
3	Aula 12	9	6,3	56,7	3	300	Fluorescente Electrónica	2902	2x28	1,23	0,45	0,8	47250	8,1	6
4	Aula 13	9	6,3	56,7	3	300	Fluorescente Electrónica	2903	2x28	1,23	0,45	0,8	47250	8,1	6
5	Aula 14	9	6,3	56,7	3	300	Fluorescente Electrónica	2904	2x28	1,23	0,45	0,8	47250	8,1	6
6	Aula 15	9	6,3	56,7	3	300	Fluorescente Electrónica	2905	2x28	1,23	0,45	0,8	47250	8,1	6
7	Aula 16	9	6,3	56,7	3	300	Fluorescente Electrónica	2906	2x28	1,23	0,45	0,8	47250	8,1	6
8	Aula 17	9	6,3	56,7	3	300	Fluorescente Electrónica	2907	2x28	1,23	0,45	0,8	47250	8,1	6
													TIPO A	64,8	48
													TIPO B	0	0
													TIPO C	0	0
													TOTAL	64,8	48

Tabla 3.8. Cálculo de luminarias parte D

CÁLCULO DE LUMINARIAS PARTE D DEL PLANTEL EDUCATIVO															
ITEM	DESCRIPCIÓN	DIMENSIONES				Iluminación [Lux]	luminarias			CÁLCULOS				Cálculo de luminarias	Número de luminarias instaladas
		Largo [m]	Ancho [m]	Área [m2]	Altura [m]		TIPO	Flujo Luminoso [Lum]	Potencia [W]	Coeficientes			Flujo Total [Lum]		
										K	μ	Fm			
1	Centro de computo	8,5	5,2	44,2	2,5	300	Fluorescente Electrónica	2200	3x32	1,3	0,4	0,8	41437,5	6,2	6
2	Oficina 3	6,3	3,6	22,6	2,5	300	Fluorescente Electrónica	2200	3x32	0,9	0,32	0,8	26484,4	4	4
3	Oficina 4	3,2	3,4	10,8	2,5	300	Fluorescente Electrónica	2200	3x32	0,65	0,26	0,8	15692,3	2,3	2
4	Oficina 5	3,2	3,4	10,8	2,5	300	Fluorescente Electrónica	2200	3x32	0,65	0,26	0,8	15692,3	2,3	2
5	Oficina 6	3,12	2,8	8,7	2,5	300	Fluorescente Electrónica	2200	3x32	0,67	0,26	0,8	12548	1,9	2
6	Bodega 2	3,12	2,6	8,1	2,2	100	Fluorescente compactas	1500	25	0,64	0,35	0,8	2892,8	1,9	2
7	Bodega 3	3,3	2,6	8,5	2,2	100	Fluorescente compactas	1500	25	0,65	0,35	0,8	3035,7	2	2
8	Bodega 4	3,3	2,8	9,2	2,2	100	Fluorescente compactas	1500	25	0,68	0,35	0,8	3285,7	2,2	2
TOTAL DE LUMINARIAS													TIPO A	0	0
													TIPO B	16,7	16
													TIPO C	6,1	6
													TOTAL	22,8	22

Tabla 3.9. Cálculo de luminarias parte E

CÁLCULO DE LUMINARIAS PARTE E DEL PLANTEL EDUCATIVO															
ITEM	DESCRIPCIÓN	DIMENSIONES				Iluminación [Lux]	luminarias			CÁLCULOS				Cálculo de luminarias	Número de luminarias instaladas
		Largo [m]	Ancho [m]	Área [m2]	Altura [m]		TIPO	Flujo Luminoso [Lum]	Potencia [W]	Coeficientes			Flujo Total [Lum]		
										K	μ	Fm			
1	Oficina 1	8,2	5,6	45,6	2,5	300	Fluorescente Electrónica	2200	3x32	1,3	0,4	0,8	42750	6,4	6
2	Oficina 2	7,3	6,4	46,7	2,5	300	Fluorescente Electrónica	2200	3x32	1,3	0,4	0,8	43781,2	6,6	4
3	Baño 2	4,6	3	13,8	2,5	100	Fluorescente compactas	1500	25	0,7	0,43	0,8	4011,63	2,7	2
4	Baño 3	7,1	5,8	41,2	2,5	100	Fluorescente Electrónica	1500	25	1,2	0,45	0,8	11444,4	7,2	6
5	Bodega A	4,8	1,8	8,6	2,5	100	Fluorescente compactas	1500	25	0,5	0,35	0,8	3071,4	2,04	2
6	Bodega B	5	1,3	6,5	2,5	100	Fluorescente compactas	1500	25	0,4	0,35	0,8	2321,4	1,5	1
7	Baño 4	6	3,6	21,6	2,5	100	Fluorescente Electrónica	1500	25	0,9	0,39	0,8	6923,1	4,6	4
TOTAL DE LUMINARIAS													TIPO A	0	0
													TIPO B	13	10
													TIPO C	17.04	15
													TOTAL	30.04	25

Tabla 3.10. Cálculo de luminarias parte F

CÁLCULO DE LUMINARIAS PARTE F DEL PLANTEL EDUCATIVO																	
ITEM	DESCRIPCIÓN	DIMENSIONES				Iluminación [Lux]	luminarias			CÁLCULOS			Cálculo de luminarias	Número de luminarias instaladas			
		Largo [m]	Ancho [m]	Área [m2]	Altura [m]		TIPO	Flujo Luminoso [Lum]	Potencia [W]	Coeficientes							
										K	μ	Fm					
															Flujo Total [Lum]		
1	Aula18	9	6,6	59,4	2,5	300	Fluorescente Electrónica	2900	2x28	1,52	0,49	0,8	45459,2	7,8	8		
2	Aula19	9	6,6	59,4	2,5	300	Fluorescente Electrónica	2900	2x28	1,52	0,49	0,8	45459,2	7,8	8		
3	Aula 20	8,2	6,5	53,3	2,5	300	Fluorescente Electrónica	2900	2x28	1,45	0,49	0,8	40790,8	7,03	6		
4	Aula 21	5,5	8	44	2,5	300	Fluorescente Electrónica	2900	2x28	1,08	0,39	0,8	42307,7	7,3	6		
5	Baño 5	6,8	4,4	29,9	2,5	100	Fluorescente compactas	1500	25	1,06	0,48	0,8	7786,5	5,2	4		
6	Audiovisuales	9	6,6	59,4	2,5	200	Fluorescente Electrónica	2900	2x28	1,52	0,49	0,8	30306,1	5,22	6		
7	Bodega 5	4,6	8,4	38,6	2,5	100	Fluorescente Electrónica	1500	25	1,18	0,53	0,8	9103,7	6,1	6		
8	Bodega 6	14,9	6,4	95,7	2,5	300	Fluorescente Electrónica	2900	2x28	1,79	0,56	0,8	64084,8	11,04	10		
											TOTAL DE LUMINARIAS				46,2	44	
															TIPO A	0	0
															TIPO B	11,3	10
															TIPO C	57,5	54
															TOTAL		

En la Bodega 6 se utiliza el parámetro de 300 Lux en el cálculo ya que es posible que en futuro se utilice como aula de clases por sus dimensiones que son apropiadas.

Tabla 3.11. Cálculo de luminarias parte G

CÁLCULO DE LUMINARIAS PARTE G DEL PLANTEL EDUCATIVO															
ITEM	DESCRIPCIÓN	DIMENSIONES				Iluminación [Lux]	luminarias			CÁLCULOS				Cálculo de luminarias	Número de luminarias instaladas
		Largo [m]	Ancho [m]	Área [m2]	Altura [m]		TIPO	Flujo Luminoso [Lum]	Potencia [W]	Coeficientes			Flujo Total [Lum]		
										K	μ	Fm			
1	Bodega 7	11,3	7,6	85,8	2,2	100	Fluorescente Electrónica	2900	2x28	2,06	0,56	0,8	19151,7	3,3	4
2	Bodega 8	3,7	2,7	9,9	2,2	100	Fluorescente compactas	1500	25	0,7	0,43	0,8	2877,9	1,9	1
3	Bodega 9	3,8	3,8	14,4	2,2	100	Fluorescente compactas	1500	25	0,86	0,43	0,8	4186,04	2,7	2
4	Bodega 10	8,6	3,8	32,6	2,2	100	Fluorescente compactas	1500	25	1,19	0,53	0,8	7688,6	5,1	4
5	Bodega 11	3,4	3,8	12,9	2,2	100	Fluorescente compactas	1500	25	0,81	0,43	0,8	3750	2,5	1
6	Bodega 12	4	2,7	10,8	2,2	100	Fluorescente compactas	1500	25	0,73	0,43	0,8	3139,5	2,09	2
7	Bodega 13	4	4,3	17,2	2,2	100	Fluorescente compactas	1500	25	0,94	0,48	0,8	4479,2	2,98	2
8	Baños 6 - 11	3,7	1,8	6,6	2,2	100	Fluorescente compactas	1500	25	0,54	0,35	0,8	2357,1	1,5	1 X 6
8	Baños 12	1	1,2	1,2	2,2	100	Fluorescente compactas	1500	25	0,24	0,35	0,8	428,57	0,28	1 X 6
TOTAL DE LUMINARIAS													TIPO A	3,3	4
													TIPO B	0	0
													TIPO C	19,05	24
													TOTAL	22,35	28

La parte G del plantel educativo era utilizado como oficinas para un colegio nocturno, actualmente se encuentran en mal estado y son bodegas del plantel. Existe la probabilidad de derrumbar la parte G del plantel educativo para construir nuevas aulas. A pesar de ello, se realiza el cálculo como bodegas y se considera puntos de iluminación ya que no se tiene claro el futuro de esta infraestructura.

3.2.1.6. Cálculo de luminarias en el exterior del plantel educativo.

Para el cálculo de luminarias en la parte exterior de la Escuela Fiscal Mixta “Juan Genaro Jaramillo” se considera la siguiente luminaria:

- Luminaria Optal 1
 Tipo: Lámpara de alta intensidad de descarga
 Número de lámpara: 1
 Flujo luminoso: 33000 lúmenes
 Potencia de la luminaria: 250 W
 Voltaje: 220 V

Patio principal del plantel educativo

Ancho (A) = 24 m

Largo (B) = 32 m

Altura (H) = 10 m (se considera altura media)

- Se determinas el nivel de iluminación en la Tabla 3.1 para pasillos obteniendo un valor de $E = 100 \text{ Lux}$.
- Al seleccionar la lámpara se considera el flujo luminoso, obteniendo un valor FL = 33000 Lúmenes
- Se calcula el índice del local con la *Ecuación 1.11*; del presente proyecto:

$$K = \frac{A * B}{H (A + B)}$$

$$K = \frac{24 * 32}{10 (24 + 32)}$$

$$K = 1.37$$

Para obtener el factor de utilización (μ), se considera el valor mínimo del coeficiente de reflexión en techo = 0.3 y paredes = 0.1, de acuerdo a la Tabla 3.2; con los parámetros del tipo de luminaria, índice del local y coeficiente de reflexión; se consigue un factor de utilización $\mu = 0.43$ de acuerdo a la Tabla 3.3.

- Para el factor de mantenimiento (Fm); con respecto a la Tabla 3.4, se tiene un ambiente con poca contaminación y un mantenimiento regular; obteniendo $Fm = 0.8$

Para el cálculo del número de luminarias se expresa con la *Ecuación 1.12*; mencionada en el proyecto.

$$N = \frac{E * \text{área del piso}}{FL * \mu * Fm}$$

$$N = \frac{100 * 768}{(33000) * 0.43 * 0.8}$$

$$N = 6.76$$

Para iluminar el patio principal del plantel educativo que corresponde a las canchas deportivas es necesario instalara 6 luminarias Optal 1 de lámpara de alta intensidad de descarga de 250 W / 220 V.

3.2.1.7. Tablas del número de luminarias a instalar en el exterior del plantel educativo.

En el diseño de luminarias en el exterior del plantel educativo se realizó los respectivos cálculos como se muestra en la Tabla 3.12; para determinar el número de luminarias para cada espacio del plantel educativo.

En el rediseño eléctrico se consideró la siguiente luminaria:

- TIPO E (Lámpara de alta intensidad de descarga 250w)

Tabla 3.12. Cálculo de luminarias en exteriores del plantel educativo

CÁLCULO DE LUMINARIAS PARTE EXTERIOR DEL PLANTEL EDUCATIVO												
ITEM	DESCRIPCIÓN	DIMENSIONES				luminarias			CÁLCULOS			
		Largo [m]	Ancho [m]	Área [m2]	Altura [m]	Iluminación [Lux]	TIPO	Flujo Luminoso [Lum]	Potencia [W]	Coeficientes		
										K	μ	Fm
1	PATIO A	32	24	768	10	100	Alta intensidad	33000	250	1,37	0,43	0,8
2	PATIO B	32	28	896	10	100	Alta intensidad	33000	250	1,49	0,5	0,8
3	PATIO C	8	50	400	10	100	Alta intensidad	33000	250	0,68	0,28	0,8
4	PATIO D	10	13	130	10	100	Alta intensidad	33000	250	0,56	0,28	0,8
5	PATIO E	14,7	33	485,1	10	100	Alta intensidad	33000	250	1,01	0,43	0,8
6	PATIO F	12	10,5	126	10	100	Alta intensidad	33000	250	0,56	0,28	0,8
7	PATIO G	7,6	33,26	252,8	10	100	Alta intensidad	33000	250	0,61	0,28	0,8
										TIPO E		
										30,06		
										27		

3.2.1.8. Total de luminarias en el rediseño eléctrico

Con el cálculo de luminarias en cada área del plantel educativo se muestra la Tabla 3.13 representando el total de luminarias que utilizará la Escuela Fiscal Mixta “Juan Genaro Jaramillo”.

Tabla 3.13. Total de luminarias del plantel educativo

TOTAL DE LUMINARIAS DE LA ESCUELA FISCAL MIXTA "JUAN GENARO JARAMILLO"					
ITEM	LUMINARIAS	TIPO	Flujo Luminoso [Lum]	Potencia [W]	LUMINARIAS INSTALADAS
1	Fluorescente Electrónica	A	2900	2x28	154
2	Fluorescente Electrónica	B	2200	3x32	38
3	Fluorescente Compacta	C	1500	25	54
4	Alta intensidad	E	33000	250	26

3.3. DISTRIBUCIÓN DE CARGA DEL NUEVO DISEÑO DEL PLANTEL EDUCATIVO.

Para la nueva distribución de carga de la escuela fiscal mixta “Juan Genaro Jaramillo”, es recomendable tomar en cuenta los siguientes parámetros:

- Potencia unitaria (P. Unit)
- Carga instalada (CI); se obtiene multiplicando el número de carga con la potencia nominal.

$$CI = CANT * P. Unit$$

- Factor de potencia (FACT POT); Se considera un valor de factor de potencia de 0.92 como especifica el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) se menciona en la parte 1.1.9.2 del actual proyecto.
- Factor de Demanda (FD); Indica en porcentaje el grado en el cual el sistema eléctrico está siendo utilizado por la carga, de acuerdo a la normativa NEC se toma el valor de 100% para el rediseño.
- Carga instalada representativa (CIR); se obtiene el valor con la siguiente expresión:

$$CIR = CI * (FD/100)$$

- Demanda Máxima Unitaria (DMU); expresada en Watts, es convertida a voltamperios (VA) considerando el factor de potencia establecida por la Empresa Eléctrica Quito (EEQ).

$$DMU [W] = CIR * \left(\frac{Fsn}{100}\right)$$

$$DMU [VA] = DMU [W] * FP$$

- Corriente (I); expresada en Amperios, se realiza el cálculo con la siguiente expresión:

$$I [A] = DMU [VA] / VOLT$$

- Protección Breaker (PROT); la protección del conductor para evitar sobrecorrientes se sugiere no superar para no alterar la vida útil del conductor; 15A para No 14 AWG, 20A No 12 AWG y 30A para No 10 AWG, para conductores de cobre.

Los parámetros mencionados son importantes para realizar el correcto dimensionamiento del calibre conductor y su protección que se instalará en el tablero principal y tablero de distribución.

Para la distribución de los circuitos eléctricos del plantel educativo los resultados de protecciones a cada circuito se encuentran en las tablas de distribución de carga.

SUBTABLERO DE DISTRIBUCIÓN A (STD – A)

El subtablero (STD- A) se encuentra aulas de clases, baño, el bar del plantel educativo (Tabla 3.14), se distribuye en 4 circuitos:

- C1 de iluminación; para las aulas (A1 – A2), baño (B1).
- C2 de iluminación; para las aulas (A3 – A4).
- CT1 de tomacorrientes; para las aulas (A1 – A2).
- CT2 de tomacorrientes; para las aulas (A3 – A4).

Tabla 3.14. Cuadro de distribución de cargas en el subtablero STD - A

CUADRO DE CARGAS STD - A													
No CIRT	DESCRIPCIÓN CARGA	CANT	VOLT [V]	P.UNIT [W]	CI [w]	FACT POT	FD [%]	CIR [w]	Fsn [%]	DMU [w]	DMU [VA]	I [A]	PROT
C1	Iluminación	10	110	100	1000	0.92	90	900	70	630	684,78	6,2	1P/15A
C2	Iluminación	12	110	100	1200	0.92	90	1080	70	756	821,74	7,5	1P/15A
CT1	Tomacorrientes	4	110	180	720	0.92	90	648	70	453,6	493,04	4,5	1P/15A
CT2	Tomacorrientes	4	110	180	720	0.92	90	648	70	453,6	493,04	4,5	1P/15A
	TOTALES			560	3640			3276		2293,2	2492,6	23	1P/30A

SUBTABLERO DE DISTRIBUCIÓN B (STD – B)

El subtablero (STD- B) se encuentra aulas de clases, oficinas, el bar del plantel educativo y una bodega (Tabla 3.15), se distribuye en 6 circuitos:

- C3 de iluminación; para bar, oficina (OF 9) y bodega (Bod 1).
- C4 de iluminación; para las aulas (A5 – A6).
- C5 de iluminación; para oficina (OF 7 – OF 8), aula (A7).
- CT3 de tomacorrientes; para bar del plantel educativo.
- CT4 de tomacorrientes; para las aulas (A5 – A6), oficina (OF 9) y bodega (Bod 1).
- CT5 de tomacorrientes; para oficina (OF 7 – OF 8), aula (A7).

Tabla 3.15. Cuadro de distribución de cargas en el subtablero STD - B

CUADRO DE CARGAS STD - B													
No CIRT	DESCRIPCIÓN CARGA	CANT	VOLT [V]	P.UNIT [W]	CI [w]	FACT POT	FD [%]	CIR [w]	Fsn [%]	DMU [w]	DMU [VA]	I [A]	PROT
C3	Iluminación	8	110	100	800	0.92	90	720	70	504	547,83	5	1P/15A
C4	Iluminación	12	110	100	1200	0.92	90	1080	70	756	821,74	7,5	1P/15A
C5	Iluminación	10	110	100	1000	0.92	90	900	70	630	684,78	6,2	1P/15A
CT3	Tomacorrientes	6	110	180	1080	0.92	90	972	70	680,4	739,57	6,7	1P/20A
CT4	Tomacorrientes	9	110	180	1620	0.92	90	1458	70	1020,6	1109,3	10	1P/20A
CT5	Tomacorrientes	8	110	180	1440	0.92	90	1296	70	907,2	986,09	9	1P/20A
	TOTALES			840	7140			6426		4498,2	4889,3	44	2P/30A

SUBTABLERO DE DISTRIBUCIÓN C (STD – C)

El subtablero (STD - C) se encuentra aulas de clases, oficinas, el bar del plantel educativo (Tabla 3.16), se distribuye en 4 circuitos:

- C6 de iluminación; para las aulas (A8 – A9).
- C7 de iluminación; para las aulas (A10 – A11).

- CT6 de tomacorrientes; para las aulas (A8 – A9).
- CT7 de tomacorrientes; para las aulas (A10 – A11).

Tabla 3.16. Cuadro de distribución de cargas en el subtablero STD - C

CUADRO DE CARGAS STD - C													
No CIRT	DESCRIPCIÓN CARGA	CANT	VOLT [V]	P.UNIT [W]	CI [w]	FACT POT	FD [%]	CIR [w]	Fsn [%]	DMU [w]	DMU [VA]	I [A]	PROT
C6	Iluminación	12	110	100	1200	0.92	90	1080	70	756	821,74	7,5	1P/15A
C7	Iluminación	12	110	100	1200	0.92	90	1080	70	756	821,74	7,5	1P/15A
CT6	Tomacorrientes	4	110	180	720	0.92	90	648	70	453,6	493,04	4,5	1P/15A
CT7	Tomacorrientes	4	110	180	720	0.92	90	648	70	453,6	493,04	4,5	1P/15A
	TOTALES			560	3840			3456		2419,2	2629,6	24	2P/30A

SUBTABLERO DE DISTRIBUCIÓN D (STD – D)

El subtablero (STD - D) se encuentra aulas de clases, (Tabla 3.17), se distribuye en 6 circuitos:

- C8 de iluminación; para las aulas (A12 – A13).
- C9 de iluminación; para el aula (A14).
- C10 de iluminación; para el aula (A15).
- C11 de iluminación; para las aulas (A16 – A17).
- CT8 de tomacorrientes; para las aulas (A12 – A13 – A14).
- CT9 de tomacorrientes; para las aulas (A15 – A16 – A17).

Tabla 3.17. Cuadro de distribución de cargas en el subtablero STD - D

CUADRO DE CARGAS STD - D													
No CIRT	DESCRIPCIÓN CARGA	CANT	VOLT [V]	P.UNIT [W]	CI [w]	FACT POT	FD [%]	CIR [w]	Fsn [%]	DMU [w]	DMU [VA]	I [A]	PROT
C8	Iluminación	12	110	100	1200	0.92	90	1080	70	756	821,74	7,5	1P/15A
C9	Iluminación	6	110	100	600	0.92	90	540	70	378	410,87	3,7	1P/15A
C10	Iluminación	6	110	100	600	0.92	90	540	70	378	410,87	3,7	1P/15A
C11	Iluminación	12	110	100	1200	0.92	90	1080	70	756	821,74	7,5	1P/15A
CT8	Tomacorrientes	6	110	180	1080	0.92	90	972	70	680,4	739,57	6,7	1P/20A
CT9	Tomacorrientes	6	110	180	1080	0.92	90	972	70	680,4	739,57	6,7	1P/20A
	TOTALES			760	5760			5184		3628,8	3944,3	36	2P/30A

SUBTABLERO DE DISTRIBUCIÓN E (STD – E)

El subtablero (STD - E) sirve de alimentador para el centro de cómputo del plantel educativo, (Tabla 3.18), se distribuye en 4 circuitos:

- C12 de iluminación; para centro de cómputo
- CT10 de tomacorrientes; para centro de cómputo
- CT11 de tomacorrientes; para centro de cómputo
- CT12 de tomacorrientes; para centro de cómputo

Tabla 3.18. Cuadro de distribución de cargas en el subtablero STD - E

CUADRO DE CARGAS STD - E													
No CIRT	DESCRIPCIÓN CARGA	CANT	VOLT [V]	P.UNIT [W]	CI [w]	FACT POT	FD [%]	CIR [w]	Fsn [%]	DMU [w]	DMU [VA]	I [A]	PROT
C12	Iluminación	6	110	100	600	0.92	90	540	70	378	410,87	3,7	1P/15A
CT10	Tomacorrientes	6	110	180	1080	0.92	90	972	70	680,4	739,57	6,7	1P/20A
CT11	Tomacorrientes	6	110	180	1080	0.92	90	972	70	680,4	739,57	6,7	1P/20A
CT12	Tomacorrientes	4	110	180	720	0.92	90	648	70	453,6	493,04	4,5	1P/15A
	TOTALES			640	3480			3132		2192,4	2383	22	1P/30A

SUBTABLERO DE DISTRIBUCIÓN F (STD – F)

El subtablero (STD - F) se encuentra oficinas y bodegas (Tabla 3.19), se distribuye en 4 circuitos:

- C13 de iluminación; para oficinas (OF 3 – OF 4 – OF5).
- C14 de iluminación; para oficina (OF 6) y bodegas (Bod 2 – Bod 3 – Bod 4).
- CT13 de tomacorrientes; para oficinas (OF 3 – OF 4 – OF5).
- CT14 de tomacorrientes; para oficina (OF 6) y bodegas (Bod 2 – Bod 3 – Bod 4).

Tabla 3.19. Cuadro de distribución de cargas en el subtablero STD - F

CUADRO DE CARGAS STD - F													
No CIRT	DESCRIPCIÓN CARGA	CANT	VOLT [V]	P.UNIT [W]	CI [w]	FACT POT	FD [%]	CIR [w]	Fsn [%]	DMU [w]	DMU [VA]	I [A]	PROT
C13	Iluminación	8	110	100	800	0.92	90	720	70	504	547,83	5	1P/15A
C14	Iluminación	8	110	100	800	0.92	90	720	70	504	547,83	5	1P/15A
CT13	Tomacorrientes	7	110	180	1260	0.92	90	1134	70	793,8	862,83	7,8	1P/20A
CT14	Tomacorrientes	5	110	180	900	0.92	90	810	70	567	616,3	5,6	1P/20A
	TOTALES			560	3760			3384		2368,8	2574,8	23	1P/30A

SUBTABLERO DE DISTRIBUCIÓN G (STD – G)

El subtablero (STD - G) se encuentra oficinas, baños y una bodega, (Tabla 3.20), se distribuye en 7 circuitos:

- C15 de iluminación; para oficina (OF 1).
- C16 de iluminación; para bodega (Bod A) y baño (B2).
- C17 de iluminación; para baños (B3 – B4).
- C18 de iluminación; para oficina (OF 2).
- CT15 de tomacorrientes; para oficina (OF 1)
- CT16 de tomacorrientes; para bodega (Bod A)
- CT17 de tomacorrientes; para oficina (OF 2).

Tabla 3.20. Cuadro de distribución de cargas en el subtablero STD - G

CUADRO DE CARGAS STD - G													
No CIRT	DESCRIPCIÓN CARGA	CANT	VOLT [V]	P.UNIT [W]	CI [w]	FACT POT	FD [%]	CIR [w]	Fsn [%]	DMU [w]	DMU [VA]	I [A]	PROT
C15	Iluminación	6	110	100	600	0.92	90	540	70	378	410,87	3,7	1P/15A
C16	Iluminación	5	110	100	500	0.92	90	450	70	315	342,39	3,1	1P/15A
C17	Iluminación	10	110	100	1000	0.92	90	900	70	630	684,78	6,2	1P/15A
C18	Iluminación	4	110	100	400	0.92	90	360	70	252	273,91	2,5	1P/15A
CT15	Tomacorrientes	8	110	180	1440	0.92	90	1296	70	907,2	986,09	9	1P/20A
CT16	Tomacorrientes	5	110	180	900	0.92	90	810	70	567	616,3	5,6	1P/20A
CT17	Tomacorrientes	4	110	180	720	0.92	90	648	70	453,6	493,04	4,5	1P/15A
	TOTALES			940	5560			5004		3502,8	3807,4	35	2P/30A

SUBTABLERO DE DISTRIBUCIÓN H (STD – H)

El subtablero (STD - H) se encuentra oficinas, baños y una bodega, (Tabla 3.21), se distribuye en 7 circuitos:

- C19 de iluminación; para aula (A21).
- C20 de iluminación; para baño (B5).
- C21 de iluminación; para bodega (Bod 5).
- C22 de iluminación; para bodega (Bod 6).
- CT18 de tomacorrientes; para aula (A21), y las bodegas (Bod 5 – Bod 6).

Tabla 3.21. Cuadro de distribución de cargas en el subtablero STD - H

CUADRO DE CARGAS STD - H													
No CIRT	DESCRIPCIÓN CARGA	CANT	VOLT [V]	P.UNIT [W]	CI [w]	FACT POT	FD [%]	CIR [w]	Fsn [%]	DMU [w]	DMU [VA]	I [A]	PROT
C19	Iluminación	6	110	100	600	0.92	90	540	70	378	410,87	3,7	1P/15A
C20	Iluminación	4	110	100	400	0.92	90	360	70	252	273,91	2,5	1P/15A
C21	Iluminación	6	110	100	600	0.92	90	540	70	378	410,87	3,7	1P/15A
C22	Iluminación	8	110	100	800	0.92	90	720	70	504	547,83	5	1P/15A
CT18	Tomacorrientes	6	110	180	1080	0.92	90	972	70	680,4	739,57	6,7	1P/15A
	TOTALES			580	3480			3132		2192,4	2383	22	1P/30A

SUBTABLERO DE DISTRIBUCIÓN I (STD – I)

El subtablero (STD - I) se encuentra el laboratorio de audiovisuales, y aulas de clases (Tabla 3.22), se distribuye en 5 circuitos:

- C23 de iluminación; para el aula de audiovisuales.
- C24 de iluminación; para el aula (A18).
- C25 de iluminación; para el aula (A19).
- C26 de iluminación; para el aula (A20).
- CT19 de tomacorrientes; para aula de audiovisuales y aulas (A18 – A19 – A20).

Tabla 3.22. Cuadro de distribución de cargas en el subtablero STD - I

CUADRO DE CARGAS STD - I													
No CIRT	DESCRIPCIÓN CARGA	CANT	VOLT [V]	P.UNIT [W]	CI [w]	FACT POT	FD [%]	CIR [w]	Fsn [%]	DMU [w]	DMU [VA]	I [A]	PROT
C23	Audiovisuales	6	110	100	600	0.92	90	540	70	378	410,87	3,7	1P/15A
C24	Iluminación	8	110	100	800	0.92	90	720	70	504	547,83	5	1P/15A
C25	Iluminación	8	110	100	800	0.92	90	720	70	504	547,83	5	1P/15A
C26	Iluminación	6	110	100	600	0.92	90	540	70	378	410,87	3,7	1P/15A
CT19	Tomacorrientes	8	110	180	1440	0.92	90	1296	70	907,2	986,09	9	1P/20A
	TOTALES			580	4240			3816		2671,2	2903,5	26	2P/30A

SUBTABLERO DE DISTRIBUCIÓN J (STD – J)

El subtablero J (STD - J) se encuentra bodegas y baños (Tabla 3.23), se distribuye en 5 circuitos:

- C27 de iluminación; para las bodegas (Bod 7 – 8) y baño (B6).
- C28 de iluminación; para las bodegas (Bod 9 – 10) y baños (B7 – B8 – B9)

- C29 de iluminación; para las bodegas (Bod 11 – 12 – 13) y baños (B10 – B11)
- C30 de iluminación; para el baño (B12).
- CT20 de tomacorrientes; para las bodegas (Bod 7 – 8 – 9 – 10).
- CT21 de tomacorrientes; para las bodegas (Bod 11 – 12 – 13).

Tabla 3.23. Cuadro de distribución de cargas en el subtablero STD - J

CUADRO DE CARGAS STD - J													
No CIRT	DESCRIPCIÓN CARGA	CANT	VOLT [V]	P.UNIT [W]	CI [w]	FACT POT	FD [%]	CIR [w]	Fsn [%]	DMU [w]	DMU [VA]	I [A]	PROT
C27	Iluminación	6	110	100	600	0.92	90	540	70	378	410,87	3,7	1P/15A
C28	Iluminación	9	110	100	900	0.92	90	810	70	567	616,3	5,6	1P/15A
C29	Iluminación	7	110	100	700	0.92	90	630	70	441	479,35	4,4	1P/15A
C30	Iluminación	6	110	100	600	0.92	90	540	70	378	410,87	3,7	1P/15A
CT20	Tomacorrientes	9	110	180	1620	0.92	90	1458	70	1020,6	1109,3	10	1P/20A
CT21	Tomacorrientes	7	110	180	1260	0.92	90	1134	70	793,8	862,83	7,8	1P/20A
	TOTALES			760	5680			5112		3578,4	3889,6	35	2P/30A

SUBTABLERO DE DISTRIBUCIÓN K (STD – K)

El subtablero (STD - K) sirve de alimentador par el laboratorio de Ciencias Naturales del plantel educativo, (Tabla 3.24), se distribuye en 2 circuitos:

- C31 de iluminación; para el laboratorio de Ciencias Naturales.
- CT22 de tomacorrientes; para el laboratorio de Ciencias Naturales.

Tabla 3.24. Cuadro de distribución de cargas en el subtablero STD - K

CUADRO DE CARGAS STD - K													
No CIRT	DESCRIPCIÓN CARGA	CANT	VOLT [V]	P.UNIT [W]	CI [w]	FACT POT	FD [%]	CIR [w]	Fsn [%]	DMU [w]	DMU [VA]	I [A]	PROT
C31	Iluminación	4	110	100	400	0.92	90	360	70	252	273,91	2,5	1P/15A
CT22	Tomacorrientes	8	110	180	1440	0.92	90	1296	70	907,2	986,09	9	1P/20A
	TOTALES			280	1840			1656		1159,2	1260	11	1P/20A

3.3.1. CAIDA DE TENSIÓN EN LOS CIRCUITOS ELÉCTRICOS DEL PLANTEL EDUCATIVO.

La caída de tensión en una instalación eléctrica según la normativa *NEC 2011 Capítulo 15: 15.1.7.1.1*; no debe exceder el 3% del voltaje nominal, sin embargo se considera para puntos desfavorables de la instalación eléctrica no exceda el

5% del voltaje nominal; para el rediseño eléctrico se utilizó conductor No 12 AWG para tomacorrientes y No 14 AWG para iluminación interna.

Se toma un circuito del rediseño eléctrico (**CT2**) como ejemplo de cálculo para determinar la caída de tensión, con la *Ecuación 1.3*; del presente proyecto se considera los siguientes datos para la caída de tensión:

- K = 4 circuito monofásico
- I = 4.5 A (Valor obtenido en la tabla 3.14)
- L = 15.5 m
- S = # 12 AWG (3.31mm)
- V = 110 V

$$e (\%) = \frac{K * I * L}{S * V}$$

$$e (\%) = \frac{4 * 4.5 * 15.5}{3.31 * 110}$$

$$e (\%) = 0.76 \%$$

El circuito de fuerza CT2 distribuido por el Subtablero (STD – A) se encuentra en un punto desfavorable por tener una distancia larga. Con el resultado de 0.76% se comprueba que el circuito CT2 *no excede el 3% para puntos desfavorables* de acuerdo a la normativa *NEC 2011 Capítulo 15: 15.1.7.1.1*; siendo aceptable la instalación del circuito CT2 de iluminación.

En la Tabla 3.25 se calcula los resultados de la caída de tensión en cada sub tablero tomando como datos los circuitos más lejanos del sub tablero de distribución.

Tabla 3.25. Cálculo de caída de tensión para los sub tableros del plantel educativo

CÁLCULO DE CAIDA DE VOLTAJE							
SUB TABLERO	CIRCUITO	CORRIENTE [A]	VOLT [V]	LONGITUD DEL CONDUCTOR [m]	NÚMERO CONDUCTOR [AWG]	SECCIÓN CONDUCTOR [mm2]	CAIDA DE TENSIÓN [%]
STD – A	CT2	4.5	110	15.5	12	3.31	0.76

STD – B	CT5	9	110	32.12	12	3.31	3.17*
STD – C	CT6	4.5	110	18.6	12	3.31	1
STD – D	CT9	6.7	110	14.6	12	3.31	1.07
STD – E	CT12	4.5	110	9.2	12	3.31	0.45
STD – F	CT14	5.6	110	15.4	12	3.31	0.94
STD – G	CT17	4.5	110	34.8	12	3.31	1.72
STD – H	CT18	6.7	110	22	12	3.31	1.61
STD – I	CT19	9	110	27.2	12	3.31	2.7
STD – J	CT21	7.8	110	24.18	12	3.31	2.07
STD - K	CT22	9	110	9	12	3.31	0.9

* Para disminuir la caída de tensión es recomendable aumentar el calibre del conductor a # 10 AWG de tipo THHN.

3.4. SELECCIÓN TÉCNICA DE EQUIPOS PARA LA NUEVA INSTALACIÓN ELÉCTRICA

Una instalación eléctrica segura y eficiente se obtiene con los equipos, materiales y el correcto cálculo de conductores, protecciones, alimentadores, entre otros.

Para la elección de materiales eléctricos se considera los siguientes equipos: conductores, canalización con tubos flexibles metálicos y tubos PVC. Caja de conexiones para los respectivos empalmes, tomacorrientes e interruptores utilizando la normativa *NEC 2011 Capítulo 15: Instalaciones Electromecánicas*; para la correcta selección de materiales.

Para la seguridad y protección de circuitos eléctricos se considera el correcto dimensionamiento en los interruptores termomagnéticos, protegiendo cada tablero asignado en el diseño y el adecuado diseño de puesta a tierra.

3.4.1. CÁLCULO DE ALIMENTADOR PRINCIPAL DEL PLANTEL EDUCATIVO.

La Empresa Eléctrica Quito (EEQ) al instalar una acometida, realizan un estudio de carga para el correcto dimensionamiento del calibre del conductor que

alimentará al recinto que solicita el servicio, se considera el mismo criterio técnico y se utilizará como alimentador principal un cable THW 4 x 4 en cobre siendo semejante al cable de acometida perteneciente a la Empresa Eléctrica Quito (EEQ).

El contador eléctrico actual es de tipo bifásico (2 Fases + Neutro), como se especificó en la parte 2.2.2.1 del proyecto, el plantel educativo debe solicitar un contador trifásico a la Empresa Eléctrica Quito (EEQ) para obtener una alimentación trifásica (3 fases + Neutro) porque la acometida tiene las características adecuadas para obtener dicha alimentación.

3.4.2. DISTRIBUCIÓN DE DUCTOS

Para la distribución correcta de los circuitos eléctricos es necesaria la protección de los conductores eléctricos; para el nuevo diseño es necesario utilizar ductos soterrados para los alimentadores por estética y seguridad. En este caso se utilizaran tubos PVC con conductores THHN.

Para los circuitos eléctricos que derivan de tableros y subtableros se utilizará tubería conduit metálica flexible galvanizada (Tipo EMT flexible); según la tabla de conductores en un tubo conduit (Ver *Anexo 2*); para el proyecto se elige la tubería de $\frac{3}{4}$ ", distribuida correctamente con el objetivo de proteger el conductor.

Todas las tuberías tienen que estar correctamente conectadas a las entradas y salidas de las cajas de distribución, caja de accesorios para iluminación y tomacorrientes, utilizando todos los accesorios como son: tacos, tornillos y abrazaderas, estableciendo un correcto acople.

3.4.2.1. Caja de conexiones en el nuevo diseño eléctrico

La caja de conexiones en una instalación eléctrica debe siempre tener tapa por la seguridad de las personas que asisten al plantel educativo.

Es importante que la caja de conexiones se instale a nivel de la superficie de la pared por la facilidad de realizar un mantenimiento a las instalaciones eléctricas.

Por lo general se utiliza para iluminación una caja ortogonal conduit metálica galvanizada de 101.6 x 53.98 x 1.59 mm de espesor. En el caso del plantel educativo es necesario realizar los empalmes en cajas de conexiones tanto para

uniones y derivaciones de conductores del circuito de iluminación se usara “capuchones” para los empalmes según la normativa *NEC 2011 Capítulo 15: 15.1.11.0*.

En caso de tener tres salidas de tubería de $\frac{3}{4}$ ” se utiliza una caja cuadrada conduit metálica galvanizada de 119.8 x 53.98 x 1.59 mm de espesor, para tomacorrientes e interruptores es necesario utilizar una caja rectangular conduit metálica galvanizada de 101.6 x 53.98 x 1.59 mm de espesor, instalando en forma vertical para interruptores y horizontal para tomacorrientes; es recomendable que toda caja de conexiones antes de introducir conductores se encuentre limpia para evitar desgaste del conductor por fricción y como consecuencia se pierda el aislante.

3.4.3. TOMACORRIENTES

El plantel educativo cuenta con un solo tomacorriente en cada aula de clase pero en su gran mayoría en mal estado como se muestra en el segundo capítulo del proyecto, para el nuevo diseño se utilizarán tomacorrientes de tipo alvéolo (Fase – Neutro y Tierra) de 10A / 120V; y se instalarán 2 tomacorrientes por aula de clase. Al ser un plantel dedicado a la educación básica según la normativa se exige 2 tomacorrientes como máximo, los tomacorrientes deben ser instalados en puntos de fácil acceso y se ubican a una altura comprendida entre 0.20 y 0.80 metros, medidos desde el punto más bajos sobre el piso como estipula la normativa *NEC 2011 Capítulo 15: 15.1.11.0*.

En las oficinas para los administrativos del plantel educativo y en el bar de los estudiantes se ubicaran tomacorrientes de 20A / 120V de tipo universal en lugares de fácil acceso a una altura de 0.40 metros y se proyectará un tomacorriente por cada 3.5 metros de la oficina como se menciona en la normativa *NEC 2011 Capítulo 15: 15.1.11.3*.

En los diferentes laboratorios se ubican tomacorrientes de forma eficiente que cumplan con la estética, seguridad y eficiencia que la instalación eléctrica requiere.

En el nuevo diseño se separa los circuitos de tomacorrientes de los de iluminación por seguridad eléctrica, se utiliza conductor #12 AWG como especifica la normativa *NEC 2011 Capítulo 15: 15.1.8.1*; para circuitos de fuerza.

3.4.4. INTERRUPTORES PARA EL REDISEÑO ELÉCTRICO

El interruptor es un dispositivo que abre y cierra circuitos eléctricos de iluminación, que debe brindar seguridad de maniobra a las personas que manipulen dicho dispositivo, la distribución de interruptores se lo realizó según las necesidades de estudiantes y administrativos que laboran en el plantel educativo, acatando la normativa *NEC 2011 Capítulo 15: 15.1.11.0; Conceptos Generales*; donde especifica la ubicación del interruptor a 1.40 metros desde el piso, en algunas aulas se cambiarán interruptores por su mal estado como se muestra en el *Capítulo 2; parte 2.2.5.2; del proyecto*; sobre el actual estado de los interruptores del plantel educativo.

Se utilizará los siguientes interruptores:

- **INTERRUPTOR SIMPLE**

El interruptor simple modular de capacidad (10 A – 120V) con tapa se lo instalará en áreas pequeñas como baños, bodegas y algunas oficinas.

- **INTERRUPTOR DOBLE O TRIPLE**

Este tipo de interruptores (10 A – 120V) se los instalará en aulas siendo necesarios para la división de circuito de luminarias.

- **CONMUTADOR SIMPLE Y DOBLE**

Se ubicará interruptores conmutadores modulares (10 A – 120V) en aulas y bodegas con doble entrada.

3.4.5. TABLERO PRINCIPAL DEL NUEVO DISEÑO

El tablero principal para su elección debe considerar la normativa *NEC 2011 Capítulo 15: 15.1.6.2; Especificaciones de construcción*; la cual especifica las siguientes características importantes para la elección de un tablero:

- Los tableros deben ser fabricados en materiales resistentes al fuego, a la corrosión o protegidos contra los factores mencionados.

- Deben tener cubierta interna para evitar el contacto de cuerpos extraños y cubierta externa para evitar el contacto del usuario con partes energizadas.
- Los tableros deben tener un índice de grado IP 41 como mínimo para tableros en interiores e IP 44 como mínimo para tableros en exteriores.
- El tablero debe ser instalado como máximo 2 metros de altura sobre el nivel del piso.
- Se recomienda que todos los tablero eléctricos cumplan con los aspectos requeridos; Resistencia a la salinidad y humedad, además de los grados de protección IP.

Considerando los aspectos mencionados el tablero principal para la Escuela Fiscal Mixta "Juan Genaro Jaramillo", es el centro de distribución de toda la energía eléctrica.

En el presente proyecto el tablero principal es de 18 espacios, 100 A de montaje tipo superficial o empotrable; se lo denomina TPD (Tablero Principal de distribución), aparece en los planos eléctricos del rediseño eléctrico del plantel educativo.

3.4.5.1. Tablero de distribución para el nuevo diseño

Para los tableros de distribución de la Escuela Fiscal Mixta "Juan Genaro Jaramillo", es necesario adquirir 11 tableros de distribución para los diferentes circuitos eléctricos, se muestra en la Tabla 3.26, el tipo de tablero necesario para el sistema eléctrico del plantel educativo.

Tabla 3.26. Tipos de tablero para cada circuito eléctrico del plantel educativo

CIRCUITO	TIPO DE TABLERO
STD – A	TABLERO 1Ø, 4 ESPACIOS, 125 AMP, MONTAJE TIPO SUPERFICIE
STD – B	TABLERO 1Ø, 8 ESPACIOS, 125 AMP, MONTAJE TIPO EMPOTRADO
STD – C	TABLERO 1Ø, 4 ESPACIOS, 125 AMP, MONTAJE TIPO EMPOTRADO
STD – D	TABLERO 1Ø, 8 ESPACIOS, 125 AMP, MONTAJE TIPO EMPOTRADO
STD – E	TABLERO 1Ø, 4 ESPACIOS, 125 AMP, MONTAJE TIPO SUPERFICIE

STD – F	TABLERO 1Ø, 4 ESPACIOS, 125 AMP, MONTAJE TIPO SUPERFICIE
STD – G	TABLERO 1Ø, 8 ESPACIOS, 125 AMP, MONTAJE TIPO SUPERFICIE
STD – H	TABLERO 1Ø, 8 ESPACIOS, 125 AMP, MONTAJE TIPO SUPERFICIE
STD – I	TABLERO 1Ø, 8 ESPACIOS, 125 AMP, MONTAJE TIPO SUPERFICIE
STD – J	TABLERO 1Ø, 8 ESPACIOS, 125 AMP, MONTAJE TIPO SUPERFICIE
STD – K	TABLERO 1Ø, 4 ESPACIOS, 125 AMP, MONTAJE TIPO SUPERFICIE

3.4.6. PROTECCIONES PARA EL REDISEÑO ELÉCTRICO

Para las protecciones se utilizarán interruptores termomagnéticos o breaker, para su elección es necesario establecer el valor de intensidad de corriente [I] y multiplicar a un factor de 1.25, este valor representa la capacidad del conductor para soportar la carga.

3.4.6.1. Protecciones principales

Son protecciones principales aquellas que protegen a todos los tableros de distribución, ubicados en el tablero principal.

En la siguiente Tabla 3.27 se muestra las protecciones principales para cada subtablero del plantel educativo, se considera los siguientes parámetros:

- Factor de seguridad (Fs), es un valor del 25% adicional a la corriente nominal, se expresa en la siguiente fórmula:

$$I_t [A] = I [A] * 1.25$$

Donde:

$I_t [A]$ = Corriente Total

$I [A]$ = Corriente por fase

1.25 = Factor de seguridad

- Protección eléctrica (PROT); identifica el breaker a utilizar en cada subtablero eléctrico, se considera los siguientes parámetros:

1P o 2P (Uno o Dos circuitos monofásicos)

30 A (Capacidad de amperaje del breaker)

Tabla 3.27. Protecciones para subtableros

PROTECCIONES PARA LOS SUBTABLEROS DEL REDISEÑO ELÉCTRICO DEL PLANTEL EDUCATIVO									
TABLERO	DESCRIPCIÓN	VOLT [V]	# DE FASES	POTENCIA DEMANDA [W]	POTEN DEMAND [VA]	I [A] SUBTAB	I [A]	It [A] Fs = 1,25	PROT
STD - A	SUBTABLERO	110	1	2293,2	2493	22,66	22,66	28,33	1P - 30A
STD - B	SUBTABLERO	110	2	4498,2	4889	44,45	22,22	27,78	2P - 30A
STD - C	SUBTABLERO	110	2	2419,2	2630	23,91	11,95	14,94	2P - 30A
STD - D	SUBTABLERO	110	2	3628,8	3944	35,85	17,93	22,41	2P - 30A
STD - E	SUBTABLERO	110	1	2192,4	2383	21,66	21,66	27,08	1P - 30A
STD - F	SUBTABLERO	110	1	2368,8	2574,8	23,41	23,41	29,26	1P - 30A
STD - G	SUBTABLERO	110	2	3502,8	3807,4	34,61	17,31	21,63	2P - 30A
STD - H	SUBTABLERO	110	1	2192,4	2383	21,66	21,66	27,08	1P - 30A
STD - I	SUBTABLERO	110	2	2671,2	2903,5	26,4	13,2	16,5	2P - 30A
STD - J	SUB TABLERO	110	2	3578,4	3889,6	35,36	17,68	22,1	2P - 30A
STD - K	SUB TABLERO	110	1	1159,2	1260	11,45	11,45	14,32	1P - 30A

TOTALES	30504,6	33157,3	87,01	108,7
----------------	---------	---------	-------	-------

La protección principal del sistema eléctrico se muestra en la Tabla 3.28, agregando la potencia demandada por el nuevo diseño eléctrico.

Tabla 3.28. Protección del tablero principal del plantel educativo

PROTECCIÓN PARA TABLERO PRINCIPAL								
TABLEROS	DESCRIPCIÓN	VOLTAJE [V]	NUM. DE FASES	POTENCIA DEMANDA [W]	POTENCIA DEMANDA [VA]	I [A]	It [A] Fs = 1,25	PROT
TDP	TABLERO PRINCIPAL	220	3	30504,6	33157,3	87,01	108,8	3P - 125A

TOTALES	30504,6	33157,3
----------------	---------	---------

FD 60%

DMU [Kw] - [KVA]	18,3	19,8
-------------------------	------	------

RESERVA 25%	4575,6	4973,6
--------------------	--------	--------

DMU [Kw] - [KVA]	22,8	24,7
-------------------------	------	------

En el Anexo 11 se muestra el diagrama unifilar del nuevo diseño eléctrico de la Escuela fiscal Mixta "Juan Genaro Jaramillo".

3.4.6.2. Protecciones secundarias

Las protecciones de cada circuito que compone el sistema eléctrico para tablero principal y tableros de distribución (Subtableros) se detalla en cada tabla en la parte 3.3 del actual proyecto.

Se considera para protección del conductor establecer para circuitos de iluminación protección de 15 A y para circuitos de fuerza se asigna una protección de 20 A dependiendo la intensidad de corriente.

Según la normativa *NEC 2011 Capítulo 15: 15.1.11.3.4*; establece que los circuitos de tomacorrientes deben ser protegidos mediante protectores diferenciales es por tal motivo en el Anexo 10 se considera para el tablero principal la protección con interruptores diferenciales de 40 A – 30 mA para cumplir con la norma tratada.

3.5. DISEÑO DE PUESTA A TIERRA

En la Escuela Fiscal Mixta "Juan Genaro Jaramillo" actualmente no tiene instalado un sistema de puesta a tierra, incumpliendo con los objetivos sobre un sistema de puesta a tierra que se menciona en el *Capítulo 1; parte 1.2.8. del actual proyecto*.

La protección de los aparatos eléctricos y la seguridad de los estudiantes y administrativos que laboran en el plantel educativo es primordial en una instalación eléctrica el sistema de puesta a tierra.

El propósito de la puesta a tierra es obtener un bajo valor de resistencia para disminuir la máxima tensión de contacto aplicada al ser humano garantizando que los valores máximos de las tensiones de contacto que se encuentren sometidos los seres humanos no superen los límites de soportabilidad. Según la normativa *NEC 2011 Capítulo 15: 15.1.10.0; Conceptos Generales*; la máxima tensión de contacto se la obtiene en función del tiempo de despeje de la falla a tierra, de la resistividad del suelo y de la corriente de falla, por ende la tensión máxima de contacto no debe superar los valores dados en la Tabla 3.29.

Tabla 3.29. Valores máximos de tensión de contacto aplicada a un ser humano

Tiempo de despeje de la falla	Máxima tensión de contacto admisible (valores en rms c.a.)
Mayor a dos segundos	50 voltios
750 milisegundos	67 voltios
500 milisegundos	80 voltios
400 milisegundos	100 voltios
300 milisegundos	125 voltios
200 milisegundos	200 voltios
150 milisegundos	240 voltios
100 milisegundos	320 voltios
40 milisegundos	500 voltios

3.5.1. SISTEMA DE PUESTA A TIERRA PARA EL PLANTEL EDUCATIVO

En el presente proyecto se diseñará una malla a tierra para la seguridad y protección de aparatos eléctricos y personas del plantel educativo, la malla a tierra será instalada en la parte de atrás del centro de computación, donde existe un suelo cultivado apto para tratarlo y tener una resistividad adecuada al sistema.

Las conexiones de los elementos que constituyen una malla de puesta a tierra y van bajo el nivel del suelo de acuerdo a la normativa *NEC 2011 Capítulo 15: 15.1.10.1; Requisitos Generales*; deben ser realizadas por suelda exotérmica, además no es permitido el uso de aluminio en los electrodos de la puesta a tierra.

3.5.2. RESISTIVIDAD ELÉCTRICA DEL SUELO

La resistividad del suelo es la dificultad que encuentra la corriente al paso de la corriente al existir una falla eléctrica se menciona en el *Capítulo 1; 1.2.8.1; del actual proyecto*.

La resistividad del terreno es directamente afectada por la humedad, la temperatura ambiente y el contenido de los químicos es por eso que existen diferentes rangos de resistividad dependiendo la composición general del suelo (Tabla 3.30).

Tabla 3.30. Rango de resistividad del suelo

TIPO DE SUELO	RANGO DE RESISTIVIDAD [$\Omega \cdot m$]
Lama	5 – 100
Humus	10 – 150
Limo	20 – 100
Arcillas	80 – 330
Tierra de jardín	140 – 480
Caliza fisurada	500 – 1000
Caliza compacta	1000 – 5000
Granito	1500 – 10000
Arena común	3000 – 9000
Basalto	10000 – 20000

3.5.2.1. Cálculo de la resistividad del suelo

Para obtener el valor de resistividad del suelo es necesario medir la resistencia del suelo mediante el método de Wenner, para este método se utiliza cuatro electrodos ubicados sobre una línea recta, separados a una misma distancia (a) como se muestra en la Figura 3.3.

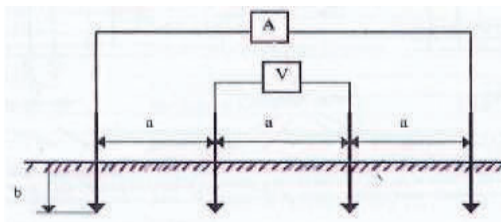


Figura 3.3. Método de Wenner

El suelo del plantel educativo está compuesto por tierra de jardín y los valores de resistencia para este tipo de suelos se encuentran entre (3 – 5) Ohm. Se consideró estos valores comparando con un proyecto de instalaciones eléctricas realizado por el sector, se consideró el valor de 3 Ω . [19]

Con la *Ecuación 1.9*; del actual proyecto se tiene el valor de resistividad del suelo:

$$\rho = \frac{4\pi AR}{1 + \frac{2A}{\sqrt{(A^2 + 4B^2)}} - \frac{A}{\sqrt{(A^2 + B^2)}}}$$

Simplificando dicha ecuación se obtiene:

$$\rho = 2\pi AR$$

$$\rho = 2\pi AR$$

Donde:

A = 10 metros

B = 1 metro (Se aplica más del 10 % referente a la distancia de los electrodos (A))

R = 3 Ω

Entonces:

$$\rho = 2\pi AR$$

$$\rho = 2\pi * 10 * 3$$

(RESISTIVIDAD DEL SUELO) $\rho = 188.5 [\Omega - m]$

Para disminuir la resistividad del terreno sin la necesidad de aumentar electrodos al sistema de puesta a tierra, se utiliza un tratamiento químico del suelo, existen diversos tratamientos para reducir la resistencia del terreno como:

- Sales puras (Cloruro de sodio)
- El THOR-GEL (Compuesto químico)
- Sustancias de minerales arcillosas

3.5.3. CÁLCULO DE CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO

Para el cálculo de corriente de cortocircuito es necesario seguir las normativas NEC para obtener los valores de impedancia donde se muestran en el Anexo 5.

La malla a tierra que se utilizará en el rediseño se ubicará en la parte posterior del centro de cómputo a 14 metros e instalada una barra equipotencial con un conductor 1/0 AWG.

El Anexo 5 muestra una tabla de resistencia y reactancias para facilitarnos el cálculo de la corriente de cortocircuito recopilada del Código NEC, por lo que viene expresada en pies, es necesario realizar una transformación de unidades de la siguiente manera:

$$14\text{ m} \times \frac{1\text{ pie}}{12\text{ pulg}} \times \frac{1\text{ pulg}}{2.54\text{ cm}} \times \frac{100\text{ cm}}{1\text{ m}} = 45.93\text{ pie}$$

De acuerdo al Anexo 5, se obtiene los valores de resistencia y reactancia considerando que los valores se expresan por cada 1000 pies. Los valores son los siguientes:

RESISTENCIA $R = 0.12\ \Omega$ por cada 1000 pies

REACTANCIA $XL = 0.044\ \Omega$ por cada 1000 pies

Con la ayuda de la regla de tres simple se puede obtener los valores de resistencia y reactancia como se muestra a continuación:

Para la resistencia:

$$\frac{1000\text{ pies}}{0.12\ \Omega} = \frac{45.93\text{ pie}}{R}$$

$$R = 0.0055\ \Omega$$

Para la reactancia:

$$\frac{1000\text{ pies}}{0.044\ \Omega} = \frac{45.93\text{ pie}}{XL}$$

$$XL = 0.00202\ \Omega$$

Utilizando la *Ecuación 1.2; del presente proyecto*, se determina la corriente eléctrica de cortocircuito:

$$I_{cc} = \frac{\frac{220}{\sqrt{3}}}{0.0055 + j0.00202}$$

$$I_{cc} = \frac{127 V}{5.86 \times 10^{-3} \angle 20.16^\circ}$$

$$I_{cc} = 21672.35 [A]$$

3.5.4. CÁLCULO DEL CONDUCTOR PARA LA PUESTA A TIERRA

Para el cálculo del conductor que es de utilidad para la puesta a tierra, se obtiene con la norma del Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE Std. 80-1986); utilizando la ecuación de Onderdonk se muestra a continuación:

$$S = I_{cc} * K_{ON}$$

$$S = 21672.35 [A] * 6.5 \frac{[MCM]}{[A]}$$

$$S = 140870.28 [MCM]$$

Donde:

S = Sección del conductor

I_{cc} = Corriente de cortocircuito

K_{ON} = Constante de Onderdonk

De acuerdo con el Anexo 6 del proyecto, para la sección del conductor igual a 140870.28 [MCM], se determina un conductor 2/0 AWG, diámetro de 10.65 mm y por sus características de soportar los esfuerzos mecánicos que afectará al electrodo, debido a la suelta exotérmica para la construcción de la malla a puesta a tierra.

3.5.5. CÁLCULO DE LA RESISTENCIA POR VARILLA

Para el cálculo de la resistencia por varilla se considera la fórmula del Anexo 7; *Tabla para el Cálculo de resistencia para tierra por la IEEE std 142-1991*; en este

caso se considera una varilla Copperweld de 5/8" de diámetro y 1.8 m de longitud, se muestra la siguiente ecuación:

$$R = \frac{\rho}{2 \times \pi \times L} \left(\ln \frac{4L}{a} - 1 \right)$$

$$R = \frac{188.5}{2 \times \pi \times 1.8m} \left(\ln \frac{4(1.8m)}{0.008m} - 1 \right)$$

$$R = 96.67 [\Omega]$$

Donde:

R = Resistencia de la varilla [Ω]

ρ = Resistividad del suelo [$\Omega \cdot m$]

L = Longitud de la varilla [m]

a = Radio de la varilla [m]

3.5.6. RESISTENCIA DEL NÚMERO TOTAL DE VARILLAS

Para obtener la resistencia del número total de varillas, en nuestro caso trabajaremos con 8 varillas Copperweld de 5/8" de diámetro y 1.8m de longitud, se toma este número de varillas para mantener una resistencia de malla entre 0 – 5 Ω , como recomienda la norma IEEE std 142- 1991, no sobrepasar el rango mencionado anteriormente; el valor de resistencia del número total de varillas se obtiene de la siguiente ecuación:

$$R_v = \frac{\text{Resistencia por varilla}}{\# \text{ de varillas}}$$

$$R_v = \frac{96.67}{8}$$

$$R_v = 12.08 [\Omega]$$

3.5.7. RESISTENCIA DEL CONDUCTOR ENTERRADO

Para calcular la resistencia del conductor enterrado, tomamos la fórmula que se encuentra en el Anexo 7, además se considera las características de la varilla Copperweld de 5/8" de diámetro, 1.8 metros de longitud y resistividad del conductor; en este caso se considera el valor de cobre en resistividad.

$$R_c = \frac{\rho}{4\pi \times L} \left(\ln \frac{4L}{A} + \ln \frac{4L}{S} - 2 + \frac{S}{2L} - \frac{S^2}{16L^2} + \frac{S^4}{512L^4} \right)$$

$$R_c = \frac{188.5}{4\pi \times 30} \left(\ln \frac{4 \times 30}{0.008} + \ln \frac{4 \times 30}{1.8} - 2 + \frac{1.8}{2 \times 30} - \frac{(1.8)^2}{16(30)^2} + \frac{(1.8)^4}{512(30)^4} \right)$$

$$R_c = \frac{188.5}{4\pi \times 30} \times 11.82$$

$$R_c = 5.9 [\Omega]$$

Donde:

R_c = Resistencia del conductor enterrado [Ω]

ρ = Resistividad del terreno [$\Omega \cdot m$]

L = Longitud total del conductor enterrado [m]

A = Radio de la varilla [mm^2]

P = Profundidad de la varilla [m]

3.5.8. RESISTENCIA TOTAL DEL SISTEMA DE PUESTA TIERRA

Para el cálculo de resistencia total del sistema de puesta a tierra, se realiza una operación de resistencias en paralelo y se obtiene el valor no mayor a 5 Ω como requiere la norma *IEEE std 142- 1991*.

Para el valor de la resistencia total del sistema se obtiene con la siguiente ecuación:

$$R_T = \frac{R \times R_c}{R + R_c}$$

$$R_T = \frac{12.08 \times 5.9}{12.08 + 5.9}$$

$$R_T = 3.96 [\Omega]$$

El valor de $R_T = 3.96 [\Omega]$ cumple con la resistencia requerida por la norma, obteniendo una malla a puesta a tierra en eficientes condiciones.

3.5.9. BARRA EQUIPOTENCIAL DE PUESTA A TIERRA

La barra equipotencial de puesta a tierra es un elemento que facilita la conexión de circuitos eléctricos al sistema de puesta a tierra asegurando la continuidad de

las conexiones, se muestra en la Figura 3.4 la barra equipotencial de cobre electrolítico de forma rectangular montada sobre aisladores, su montaje es fácil con la ayuda de soportes y tornillos galvanizados o acero inoxidable según la necesidad.



Figura 3.4. Barra equipotencial de puesta a tierra

La barra equipotencial al ser instalada se realiza la conexión a tierra a través del conductor 2/0 AWG por medio de soldadura exotérmica, es recomendable las conexiones del sistema eléctrico deben estar canalizadas por tubería PVC. La barra debe encontrarse en un lugar donde se facilite las conexiones y sus bornes dependen del número de conexiones que tenga en el sistema eléctrico y las posibles modificaciones a futuro.

3.6. ANÁLISIS DE AHORRO ENERGÉTICO

Para el análisis de ahorro energético se compara la carga instalada actualmente en el plantel educativo donde el valor se obtiene en la parte 2.3.2; del presente trabajo, y la carga total del rediseño eléctrico se obtiene en la Tabla 3.28; del actual trabajo. A continuación se muestra la Tabla 3.31; especificando la comparación:

Tabla 3.31. Comparación de carga

TRANSFORMADOR	ACTUAL	NUEVA
	CARGA [KVA]	CARGA [KVA]
75 KVA	28.7	24.7

Se obtiene en la comparación de carga total del rediseño eléctrico del plantel educativo una disminución de carga de aproximadamente de 4 KVA, considerando que se aumenta la carga de luminarias externas en el nuevo proyecto para la iluminación del plantel educativo.

El nuevo diseño eléctrico propone una correcta iluminación para todas las áreas del plantel educativo, con un óptimo funcionamiento en las luminarias y sistemas que conforman el circuito eléctrico, cumpliendo con los índices de iluminación tratados por la normativa *NEC 2011 Capítulo 15: 15.1.11.3*; la elección de luminarias con bajo consumo energético hace posible conseguir un ahorro energético en el plantel educativo.

A continuación se muestra la Tabla 3.32; especificando el ahorro energético mensual y anual, para tener una información del ahorro se realiza un cálculo con el valor de la tarifa del servicio de la Empresa Eléctrica Quito (EEQ) ofreciendo una tarifa por el consumo del kilovatio de \$ 0.068 dólares por cada hora de consumo

Tabla 3.32. Ahorro mensual y anual

AHORRO MENSUAL Y ANUAL							
TRANSFORMADOR	CARGA [KW]		HORA	DÍAS	COSTO [KWH]	TOTAL DE PAGO	
	ACTUAL	NUEVA				ACTUAL	NUEVA
75 KVA	24.6	22.18	12	20	0.068	401.5	361.9
					TOTAL [\$]	401.5	361.9
					AHORRO MENSUAL [\$]		39.6
					AHORRO ANUAL [\$]		475.2

La Tabla 3.32; muestra el rediseño eléctrico que existe un mínimo ahorro en comparación con el actual diseño, pero la Escuela Fiscal Mixta "Juan Genaro Jaramillo", obtiene el beneficio de tener una instalación eléctrica nueva, segura, eficiente, con óptima iluminación tanto interior como exterior y la adquisición de planos eléctricos.

CAPÍTULO 4

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

En el presente capítulo, después de desarrollar el rediseño eléctrico de la escuela Fiscal Mixta "Juan Genaro Jaramillo", se ha llegado a las siguientes conclusiones:

- Para el rediseño eléctrico de la Escuela fiscal mixta "Juan Genaro Jaramillo" se emplearon las normativas estipuladas para prevenir riesgos eléctricos, obtener una eficiente instalación eléctrica y brindando seguridad para el personal que labora en el plantel educativo.
- El levantamiento de datos permitió conocer el estado actual de la instalación eléctrica de la Escuela fiscal mixta "Juan Genaro Jaramillo", comprobando las fallas existentes en el sistema eléctrico actual.
- La Escuela Fiscal Mixta "Juan Genaro Jaramillo" actualmente no tienen planos eléctricos, se realizó el estudio de planos de la instalación actual y planos del rediseño eléctricos que serán utilizadas por el plantel educativo para su futura implementación.
- El rediseño eléctrico del plantel educativo no tiene un mayor ahorro energético pero su fortaleza se encuentra en excluir los errores cometidos en la actual instalación eléctrica.
- Se realizó un diseño de luminarias en el plantel educativo, considerando las especificaciones del fabricante y sus características de uso, se propone mejorar el nivel de iluminación como exige la normativa NEC para beneficio de alumnos y personas que laboran en la institución obteniendo un ambiente visual óptimo y una iluminación adecuada para la enseñanza.
- Para la seguridad de las personas y de protección ante posibles tensiones que pueden afectar a los equipos eléctricos, es de importancia un diseño de malla a tierra, se realizaron los respectivos cálculos para dimensionamiento de conductores y diseño de malla a tierra.

4.2. RECOMENDACIONES

- En el proceso de dimensionamiento para el diseño de una instalación eléctrica se debe cumplir con las normativas NEC 11, cap.15; Instalaciones electromecánicas, la normativa del Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica (IEEE) y los estándares del Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) para tener una instalación eléctrica eficiente y segura.
- La correcta simbología en los planos eléctricos facilitan la interpretación para la futura implementación del diseño de una instalación eléctrica.
- Para el número total de luminarias que se implementaría en cada área de un plantel educativo es recomendable utilizar el software DIALUX 4.12 para verificar el cumplimiento del índice de iluminación y la correcta elección de luminaria.
- En una malla a puesta a tierra se recomienda mejorar la resistividad del suelo, es necesario el uso de un gel que posee las propiedades para incrementar la eficiencia del sistema a tierra y las conexiones para la malla a tierra deben ser realizadas por el proceso de soldadura exotérmica brindando alta conductividad y resistencia a la corrosión.

BIBLIOGRAFÍA

- LIBROS:

- [1] **FOWLER**, Richard J. Electricidad principios y aplicaciones. Editorial Reverte S.A, New York – EEUU, 1994.
- [2] **HARPER**, Enríquez. El ABC de las instalaciones eléctricas residenciales. Segunda edición. Editorial Limusa SA, México DF - México, 2004
- [3] **HARPER**, Enríquez. El ABC de las instalaciones eléctricas en baja tensión. Editorial Limusa SA, México DF - México, 2005.
- [4] **GARCIA**, Transacos J. Instalaciones Eléctricas en media y baja tensión. Sexta edición. Editorial Paraninfo, Madrid - España, 2010.
- [5] Normas Ecuatorianas de la Construcción NEC 2011. Capítulo 15; Instalaciones Electromecánicas
- [6] Normas Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica IEEE std 142-1991; Sistemas de puesta a tierra.
- [7] Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN; Eficiencia Energética. Lámparas Fluorescentes compactas. Rango de desempeño energético y etiquetado RTE INEN 036:2008.
- [8] **EDMINISTER**, Joseph. Circuitos Eléctricos. Primera edición. Editorial McGraw Hill. New York – EEUU, 1994.
- [9] **GARCIA**, Rogelio M. La puesta a tierra de instalaciones eléctricas y el RAT. Editorial Marcombo S.A, Barcelona – España, 1991.
- [10] **GUDIÑO**, Jheison. Artículo de: Análisis Técnico de las ventajas y desventajas de las lámparas incandescentes y las lámparas fluorescentes compactas. Universidad de los Andes. Facultad de Ingeniería Eléctrica. Merina – Venezuela, 2014.
- [11] Empresa Eléctrica Quito. Normas para sistemas de Distribución. Parte A; Guía para diseño de redes de distribución.

- Páginas Web:

- [12] **VOLTECK**. Cables y conductores. Disponible en:
<https://www.voltech.com.mx/cables.php>. Consultado: 8 de marzo de 2016.
- [13] **HERNANDEZ**, Juan Luis. Luminotecnia. Disponible en:
<http://www.tuveras.com/luminotecnia/interior.htm>. Consultado: 12 de marzo de 2016.
- [14] **RODRIGUEZ**, Patria. Efectos de la iluminación inadecuada en la salud. Disponible en: <http://elnacional.com.do/efectos-de-la-iluminacion-inadecuada-en-la-salud/>. Consultado: 28 de Mayo de 2016.
- [15] **MARTINEZ**, Alfredo. Luminotecnia. Disponible en:
http://www.ehu.eus/alfredomartinezargote/tema_4_archivos/luminotecnia/08.%20Lamparas.pdf. Consultado: 26 de Mayo de 2016.
- [16] **CEDUVIRT**. Instalaciones eléctricas residenciales. Disponible en:
<http://www.ceduvirt.com/resources/CeduvirtInstalaciones.pdf>. Consultado: 20 de Febrero de 2016.
- [17] **PEREZ**, Martha. Efectos de la corriente en el cuerpo humano. Disponible en: <https://losmundosdebrana.wordpress.com/2014/11/25/efectos-de-la-corriente-electrica-en-el-cuerpo-humano-ii-la-edad-de-la-gran-potencia/>. Consultado: 28 de Marzo de 2016.
- [18] Centro de Formación Schneider. Corrección del factor de potencia. Disponible en: file:///D:/DATOS%20DE%20USUARIO/DESCARGAS/CT_PT_075_Z002.pdf. Consultado: 1 de abril del 2016

- Proyecto de Titulación:

- [19] **QUINGA**, Marco, **CUEVA**, Gabriela. Estudio de carga y diseño de planos para el mejoramiento de las instalaciones eléctricas del Colegio Nacional Experimental "Juan Pío Montufar". Escuela Politécnica Nacional, Escuela de Formación de Tecnólogos, 2013.

ANEXOS

Anexo 1. Tabla de características de calibres en AWG



Tabla 1. Capacidad de conducción de corriente (A) permisible de conductores aislados para 0 a 2000 V nominales y 60°C a 90°C. No más de tres conductores portadores de corriente en una canalización o directamente enterrados, para una temperatura ambiente de 30°C.

Calibre AWG o kcmil	Área de la sección transversal nominal mm ²	Temperatura nominal del conductor					
		60°C	75°C	90°C	60°C	75°C	90°C
		TW TWD CCE	THW, RHW THW-LS THWN XHHW	RHH, RHW-2 THHN, THW-2 TTHW-LS, XHHW-2	UF	RHW XHHW	RHW-2 XHHW XHHW-2 DRS
		Cobre			Aluminio		
14	2,08	20*	20*	25*	-	-	-
12	3,31	25*	25*	30*	-	-	-
10	5,26	30	35*	40*	-	-	-
8	8,37	40	50	55	-	-	-
6	13,3	55	65	75	40	50	60
4	21,2	70	85	95	55	65	75
2	33,6	95	115	130	75	90	100
1/0	53,5	125	150	170	100	120	135
2/0	67,4	145	175	195	115	135	150
3/0	85,0	165	200	225	130	155	175
4/0	107	195	230	260	150	180	205
250	127	215	255	290	170	205	230
300	152	240	285	320	190	230	255
350	177	260	310	350	210	250	280
400	203	280	335	380	225	270	305
500	253	320	380	430	260	310	350
600	304	355	420	475	285	340	385
750	380	400	475	535	320	385	435
1000	507	455	545	615	375	445	500

* A menos que se permita otra cosa específicamente en otro lugar de esta norma, la protección contra sobrecorriente de los conductores marcados con un asterisco (*), no se debe superar 15 A para 14 AWG, 20 A para 12 AWG y 30 A para 10 AWG, todos de cobre.

Anexo 2. Número de conductores en un tubo conduit

epm®

NORMAS TÉCNICAS

RA8-004

NÚMERO MÁXIMO DE CONDUCTORES EN TUBO CONDUIT
PLÁSTICO Y METÁLICO

Tipo	Conductor Calibre (AWG/kcmil)	Diámetro comercial (Pulgadas)									
		1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	3 1/2	4
THHN	14	12	22	35	61	84	138	241	364	476	608
THWN	12	9	16	26	45	61	101	176	266	347	443
THWN-2	10	5	10	16	28	38	63	111	167	219	279
	8	3	6	9	16	22	36	64	96	126	161
	6	2	4	7	12	16	26	46	69	91	116
	4	1	2	4	7	10	16	28	43	56	71
	3	1	1	3	6	8	13	24	36	47	60
	2	1	1	3	5	7	11	20	30	40	51
	1	1	1	1	4	5	8	15	22	29	37
	1/0	1	1	1	3	4	7	12	19	25	32
	2/0	0	1	1	2	3	6	10	16	20	26
	3/0	0	1	1	1	3	5	8	13	17	22
	4/0	0	1	1	1	2	4	7	11	14	18
	250	0	0	1	1	1	3	6	9	11	15
	300	0	0	1	1	1	3	5	7	10	13
	350	0	0	1	1	1	2	4	6	9	11
	400	0	0	0	1	1	1	4	6	8	10
	500	0	0	0	1	1	1	3	5	6	8
	600	0	0	0	1	1	1	2	4	5	7
	700	0	0	0	1	1	1	2	3	4	6
	750	0	0	0	0	1	1	1	3	4	5
	800	0	0	0	0	1	1	1	3	4	5
	900	0	0	0	0	1	1	1	3	3	4
	1000	0	0	0	0	1	1	1	2	3	4
	6	2	4	7	12	17	28	50	75	98	126
	4	1	3	5	9	12	20	35	53	69	88
	3	1	2	4	7	10	16	29	44	57	73
	2	1	1	3	6	8	13	24	36	47	60
PFA	1	1	1	2	4	6	9	16	25	33	42
PFAH											
THE											
PFA	1/0	1	1	1	3	5	8	14	21	27	35
PFAH											
TFE,Z	2/0	0	1	1	3	4	6	11	17	22	29
	3/0	0	1	1	2	3	5	9	14	18	24
	4/0	0	1	1	1	2	4	8	11	15	19

PRIMERA EDICIÓN:
DICIEMBRE - 1985

DIBUJÓ:
CENTRO DE INFORMACIÓN REDES ENERGÍA

AUTORIZÓ:
SUBGERENCIA REDES DISTRIBUCIÓN

ÚLTIMA PUBLICACIÓN:
JUNIO - 2005

REVISÓ:
ÁREA INGENIERÍA Y GESTIÓN

Página 6 de 11

Anexo 3. Tabla de ventajas y desventajas de lámparas

				Ventajas	Inconvenientes	Uso
Incandescentes	Halógenas			<ul style="list-style-type: none"> Buena reproducción cromática. Elevada intensidad luminosa. Facilidad de instalación. Encendido instantáneo. Menores dimensiones. Control del haz luminoso. 	<ul style="list-style-type: none"> Reducida eficacia luminosa. Corta duración. Vida media: 2.000 horas. Elevada emisión de calor. 	Alumbrado de interior. Focalización
	Descarga en gas	Descarga en vapor de MERCURIO	Baja Presión Tubos fluorescentes	<ul style="list-style-type: none"> Buena eficacia luminosa. Duración media. Bajo coste de adquisición. Minima emisión de calor. Variedad de tonos y excelente reproducción de color. Vida media: 5.000 a 9.000 horas 	<ul style="list-style-type: none"> Variaciones del flujo con la temperatura. Coste de adquisición medio-alto. Retardo en alcanzar máximo flujo (>2 minutos) Acorramiento de vida por mínimo de encendidos 	Alumbrado de interior. Iluminación general.
			Lámparas fluorescentes compactas			
		Descarga en vapor de SODIO	Alta Presión Con halógenos metálicos	<ul style="list-style-type: none"> Alta eficacia luminosa. Larga duración. Flujo luminoso unitario importante en potencias medias. Variedad de potencias. Vida media: 10.000 horas 	<ul style="list-style-type: none"> Alta depreciación del flujo Sensibilidad a las variaciones de tensión Requiere equipos especiales para arranque en caliente Dificultad de apariencias de color en reposición Flujo luminoso no instantáneo Poca estabilidad de color 	Alumbrado deportivo o monumental En grandes alturas para iluminación general.
			Baja Presión	<ul style="list-style-type: none"> Excelente eficacia luminosa Larga duración Reencendidos instantáneos en caliente 	<ul style="list-style-type: none"> Mala reproducción cromática Flujo luminoso no instantáneo Sensibilidad a subtensiones 	En alumbrado de túneles
			Alta Presión	<ul style="list-style-type: none"> Muy buena eficacia luminosa Larga duración Aceptable rendimiento en color en tipos especiales Poca depreciación de flujo Posibilidad de reducción de flujo. Vida media: 20.000 horas 	<ul style="list-style-type: none"> Baja reproducción cromática. Estabilización no instantánea En potencias pequeñas gran sensibilidad a sobretensión Equipos especiales para reencendido en caliente 	En alumbrado interior industrial En alumbrado exterior.
LED	LED			<ul style="list-style-type: none"> Excelente eficacia luminosa. Buena reproducción cromática. Pequeñas dimensiones. Larga vida. Bajo consumo. Alta resistencia contra golpes. Alta eficacia en colores. Luz direccionable. Vida media: 50.000 horas 	<ul style="list-style-type: none"> Sensibilidad contra subidas de tensión. Sensibilidad a calentamientos. 	Alumbrado interior y exterior

Anexo 4. Especificaciones técnicas de lámparas y luminarias

SYLVANIA

T5 FHE LUXLINE

Fluorescentes

Líneales

Lámparas



Características

- Tecnología trifósforo.
- Alta eficacia.
- Excelente IRC.
- Opera con balasto electrónico.
- Larga vida útil.
- Encendido inmediato.

Aplicaciones

- Oficinas.
- Hospitales.
- Centros educativos.
- Establecimientos comerciales.
- Industrias.

Especificaciones

Código	Descripción Comercial	Potencia (W)	Flujo Luminoso (lm)	CCT (K)	Bulbo	Base	Vida Útil (h)
P31623-3	FHE14W T5 3000K	14	1350	3000	T5	G5	24000
P31621-3	FHE14W T5 4000K	14	1350	4000	T5	G5	24000
P31622-3	FHE14W T5 6500K	14	1250	6500	T5	G5	24000
P31618-3	FHE28W T5 3000K	28	2900	3000	T5	G5	24000
P31619-3	FHE28W T5 4000K	28	2900	4000	T5	G5	24000
P31620-3	FHE28W T5 6500K	28	2700	6500	T5	G5	24000

Dimensiones mm.



Lámpara	A	B
14W	563,2	16
28W	1163,2	16



Interior

Luminarias

SYLCOMPACT

Características



- Fabricadas en acero laminado en frío recubierta con pintura electrostática en polvo de alto índice de reflectividad.
- El difusor es de aluminio anodizado, con una película de acetato para disminuir la brillantez del tubo.
- Estas luminarias se ofrecen con balasto electrónico para tubos T5 de 2x28w y 2x54w.
- Diseñada para proyectar una luz directa hacia una zona de trabajo, que se puede instalar en forma suspendida mediante cables de acero o de manera sobrepuesta.

Aplicaciones

- Oficinas.
- Locales comerciales.
- Salas de reuniones.
- Supermercados.
- Residencias.

Especificaciones

Código	Descripción Comercial	Tipo de Lámpara	Potencia (W)	Tensión de Línea (V)
P36233-36	Sylcompact 2x28W T5 120-277V	FT5 x 2	28	120-277
P36410-36	Sylcompact 2x54W T5 120-277V	FT5 x 2	54	120-277

Dimensiones mm.



Modelo	L	A	H
2x28w/54w	1180	131	52

by FEILO SYLVANIA

Nota: Toda la información mostrada refiere a valores aproximados basados en condiciones de operación normales con equipo eléctrico auxiliar que cumple los valores de corriente especificados. Esta información está sujeta a cambio sin previo aviso.

SYLVANIA

Fluorescentes
Compactos

Lámparas

MINI LYNX 3U

Características

- Lámparas autobalastradas de bajo consumo energético.
- Alto flujo luminoso.
- Excelente rendimiento de color y distribución de luz.
- Vida útil de hasta 8.000 horas.
- Disponibles en temperaturas de color cálidas y frías.
- Reemplazo directo de lámparas incandescentes.
- Bajo contenido de mercurio.



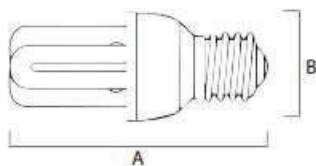
Aplicaciones

- Hotelería.
- Residencial.
- Restaurantes.
- Downlights.

Especificaciones

Código	Descripción Comercial	Potencia (W)	Flujo Luminoso (lm)	CCT (K)	Tensión (V)	Base	Vida Útil (h)
P35027-33	Minilyn 3U 11W 6500K	11	560	6500	120-127	E27	8000
P28152-33	Minilyn 3U 20W 6500K	20	1040	6500	120-127	E27	6000
P28105-33	Minilyn 3U 20W 2700K	20	1040	2700	120-127	E27	6000
P35097-33	Minilyn 3U 25W 6500K	25	1500	6500	120-127	E27	8000
P35098-33	Minilyn 3U 25W 2700K	25	1500	2700	120-127	E27	8000

Dimensiones mm.



Lámpara	A	B
11W	122	44
20W	155	48.5
25W	179	50

by FEILO SYLVANIA

Nota: Toda la información mostrada refiere a valores aproximados basados en condiciones de operación normales con equipo eléctrico auxiliar que cumple los valores de corriente especificados. Esta información está sujeta a cambio sin previo aviso.

SYLVANIA

 Fluorescentes
Lineales

Lámparas

T8 LUXLINE

Características

- 10.000 horas de vida útil.
- IRC 70%.
- Disponibilidad en varias temperaturas de color.
- Opera con balasto electrónico.



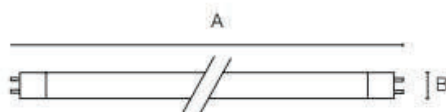
Aplicaciones

- Oficinas.
- Centros educativos.
- Hospitales.
- Establecimientos comerciales.
- Industrias.

Especificaciones

Código	Descripción Comercial	Potencia (W)	Flujo Luminoso (lm)	CCT (K)	Bulbo	Base	Vida Útil (h)
F17TB							
P21599-3	FO17W TB 3000K	17	1275	3000	T8	G13	20000
P21600-3	FO17W TB 4100K	17	1000	4100	T8	G13	20000
P21601-3	FO17W TB 6500K	17	950	6500	T8	G13	20000
F32TB							
P21852-3	FO32W TB 3000K	32	2784	3000	T8	G13	20000
P21602-3	FO32W TB 4100K	32	2200	4100	T8	G13	20000
P21603-3	FO32W TB 6500K	32	2100	6500	T8	G13	20000

Dimensiones mm.



Lámpara	A	B
17W	609,6	26
32W	1213,6	26

 by **FEILO SYLVANIA**

Nota: Toda la información mostrada refiere a valores aproximados basados en condiciones de operación normales con equipo eléctrico auxiliar que cumple los valores de corriente especificados. Esta información está sujeta a cambio sin previo aviso.

SYLVANIA

Interior

Luminarias

MIRROR EMPOTRABLE

Características



- Carcasa elaborada en acero laminado en frío. Acabado en pintura epóxica blanca en polvo de alta reflectividad.
- Reflector especular parabólico, alta eficiencia, alta calidad, con rejillas laterales de aluminio facetado para reducir deslumbramiento. La rejilla se sostiene por medio de 4 broches para facilitar el mantenimiento.
- Portalámparas del tipo montaje a presión de policarbonato y contactos eléctricos en bronce.
- Lista para instalar, incluye balasto electrónico SYLVANIA multivoltaje (120-277v) de alto factor de potencia, baja distorsión armónica.



Aplicaciones

- Bancos.
- Salas de cómputo.
- Salas de conferencia.
- Salas de espera.
- Oficinas.

Especificaciones

Código	Descripción Comercial	Tipo de Lámpara	Potencia (W)	Tensión de Línea (V)
P36107-36	Mirror Empotrable 3x17W TB 120-277V	FT8 x 3	17	120-277
P33196-36	Mirror Empotrable 3x32W TB 120-277V	FT8 x 3	32	120-277

Dimensiones mm.



Modelo	L	A	H
Mirror 3X17W	596	596	85
Mirror 3X32W	1196	596	85

by **FEILO SYLVANIA**

Nota: Toda la información mostrada refiere a valores aproximados basados en condiciones de operación normales con equipo eléctrico auxiliar que cumple los valores de corriente especificados. Esta información está sujeta a cambio sin previo aviso.

SYLVANIA

 Alta Intensidad
de Descarga

Lámparas

SODIO ALTA PRESIÓN TUBULAR SHP-T SUPER

Características

- Potencias disponibles: 70 W, 100 W, 150 W, 250 W y 400W.
- Lámpara tubular clara de alto flujo luminoso.
- Vida promedio de 32 000 hrs.
- Eficacia de 132 lm/W.
- Temperatura de color 2 000 K.



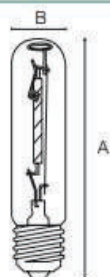
Aplicaciones

- Alumbrado público.
- Iluminación exterior.
- Vialidades y túneles.

Especificaciones

Código	Descripción Comercial	Potencia (W)	Flujo Luminoso (lm)	CCT (K)	Bulbo	Base	Vida Util (h)
P2067B-20	SHP-TS 70W 2000K	70	5600	2000	Tubular	E27	28000
P2068B-20	SHP-TS 100W 2000K	100	10700	2000	Tubular	E40	32000
P2068S-20	SHP-TS 150W 2000K	150	17500	2000	Tubular	E40	32000
P20713-20	SHP-TS 250W 2000K	250	33000	2000	Tubular	E40	32000
P20714-20	SHP-TS 400W 2000K	400	55000	2000	Tubular	E40	32000

Dimensiones mm.



Lámpara	A	B
70W	148	39
100/150W	204	48
250W	243	48
400W	270	48

 by **FEILO SYLVANIA**

Nota: Toda la información mostrada refiere a valores aproximados basados en condiciones de operación normales con equipo eléctrico auxiliar que cumple los valores de corriente especificados. Esta información está sujeta a cambio sin previo aviso.

OPTAL 1

Características



- Luminaria de alumbrado público con diseño innovador para lámparas de sodio de alta presión y mercurio halogenado.
- Cuerpo de aluminio inyectado a alta presión acabado con pintura de poliéster aplicada electrostáticamente.
- Reflector de aluminio de alta pureza anodizado abrillantado y sellado; y refractor de vidrio templado resistente a los impactos IK-08.
- Tensión 208v –220v –240v 60Hz.
- Grado de protección: IP54 Portaequipo, IP66 Recinto Óptico.
- Apta para brazos de 1 ½" hasta 2".
- Altura recomendada de montaje 4 – 8 mts.

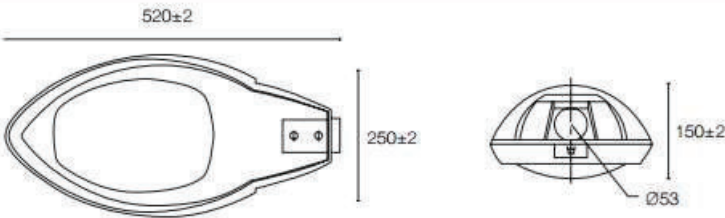
Aplicaciones

- Calles secundarias.
- Parques.
- Estacionamientos.

Especificaciones

Código	Descripción Comercial	Tipo de Lámpara	Potencia (W)	Tensión de Línea (V)
P36481-36	Optal 1 70W HPS E27 208- 220- 240V	Sodio	70	208-220-240
P36441-36	Optal 1 100W HPS E40 208-220- 240V	Sodio	100	208-220-240
P36442-36	Optal 1 150W HPS E40 208-220- 240V	Sodio	150	208-220-240

Dimensiones mm.



by FEILO SYLVANIA

Nota: Toda la información mostrada refiere a valores aproximados basados en condiciones de operación normales con equipo eléctrico auxiliar que cumple los valores de corriente especificados. Esta información está sujeta a cambio sin previo aviso.

Anexo 5. Tabla de resistencia y reactancia del Código NEC

Resistencia y reactancia de c.a. de cables trifásicos de 600 voltios a 60 Hz y 75°C (167°F). Tres conductores en un tubo.

Sección en AWG o Kcmils	Resistencia al neutro cada 100 pies (en ohmios)														Sección en AWG o Kcmils
	Reactancia (X_L) de todos los cables		Resistencia de c.a. de los cables de cobre desnudos			Resistencia de c.a. de los cables de aluminio			Z eficaz de los cables de cobre desnudos para un f. de p. de 0,85			Z eficaz de los cables de aluminio para un f. de p. de 0,85			
	Tubo de PVC y Al	Tubo de acero	Tubo de PVC	Tubo de Al	Tubo de acero	Tubo de PVC	Tubo de Al	Tubo de acero	Tubo de PVC	Tubo de Al	Tubo de acero	Tubo de PVC	Tubo de Al	Tubo de acero	
14	0,058	0,073	3,1	3,1	3,1	---	---	---	2,7	2,7	2,7	---	---	---	14
12	0,054	0,068	2,0	2,0	2,0	3,2	3,2	3,2	1,7	1,7	1,7	2,8	2,8	2,8	12
10	0,050	0,063	1,2	1,2	1,2	2,0	2,0	2,0	1,1	1,1	1,1	1,8	1,8	1,8	10
8	0,052	0,065	0,78	0,78	0,78	1,3	1,3	1,3	0,69	0,69	0,70	1,1	1,1	1,1	8
6	0,051	0,064	0,49	0,49	0,49	0,81	0,81	0,81	0,44	0,45	0,45	0,71	0,72	0,72	6
4	0,048	0,060	0,31	0,31	0,31	0,51	0,51	0,51	0,29	0,29	0,30	0,46	0,46	0,46	4
3	0,047	0,059	0,25	0,25	0,25	0,40	0,40	0,40	0,23	0,24	0,24	0,37	0,37	0,37	3
2	0,045	0,057	0,19	0,20	0,20	0,32	0,32	0,32	0,19	0,19	0,20	0,30	0,30	0,30	2
1	0,046	0,057	0,15	0,16	0,16	0,25	0,26	0,25	0,16	0,16	0,16	0,24	0,24	0,25	1
1/0	0,044	0,055	0,12	0,13	0,12	0,20	0,21	0,20	0,13	0,13	0,13	0,19	0,20	0,20	1/0
2/0	0,043	0,054	0,10	0,10	0,10	0,16	0,16	0,16	0,11	0,11	0,11	0,16	0,16	0,16	2/0
3/0	0,042	0,052	0,077	0,082	0,079	0,13	0,13	0,13	0,088	0,092	0,094	0,13	0,13	0,14	3/0
4/0	0,041	0,051	0,062	0,067	0,063	0,10	0,11	0,10	0,074	0,078	0,080	0,11	0,11	0,11	4/0
250	0,041	0,052	0,052	0,057	0,054	0,085	0,090	0,086	0,066	0,070	0,073	0,094	0,098	0,10	250
300	0,041	0,051	0,044	0,049	0,045	0,071	0,076	0,072	0,059	0,063	0,065	0,082	0,086	0,088	300
350	0,040	0,050	0,038	0,043	0,039	0,061	0,066	0,063	0,053	0,058	0,060	0,073	0,077	0,080	350
400	0,040	0,049	0,033	0,038	0,035	0,054	0,059	0,055	0,049	0,053	0,056	0,066	0,071	0,073	400
500	0,039	0,048	0,027	0,032	0,029	0,043	0,048	0,045	0,043	0,048	0,050	0,057	0,061	0,064	500
600	0,039	0,048	0,023	0,028	0,025	0,036	0,041	0,038	0,040	0,044	0,047	0,051	0,055	0,058	600
750	0,038	0,048	0,019	0,024	0,021	0,029	0,034	0,031	0,036	0,040	0,043	0,045	0,049	0,052	750
1000	0,037	0,046	0,015	0,019	0,018	0,023	0,027	0,025	0,032	0,036	0,040	0,039	0,042	0,046	1000

Anexo 6. Calibre de conductor a puesta a tierra del Código NEC





		Conductores			Resistencia de C. C. a 75° C (165 °F)			
Calibre AWG/ Kcmil	Área Circ. Mils	Conductores			Resistencia de C. C. a 75° C (165 °F)			
		Cantidad	Diámetro pulgadas	Diámetro pulgadas	Área pulgadas cuadradas	Sin Recubrimiento Ohm/mp	Con recubrimiento	OHM/MIL Pies
18	1620	1	.....	0.040	0.001	7.77	8.08	12.8
18	1620	7	0.015	0.046	0.002	7.95	8.45	13.1
16	2580	1	.....	0.052	0.002	4.89	5.08	8.05
16	2580	7	0.019	0.058	0.003	4.99	5.29	8.21
14	4110	1	.....	0.064	0.003	3.07	3.19	5.06
14	4110	7	0.024	0.073	0.004	3.14	3.26	5.17
12	6350	1	.....	0.081	0.005	1.93	2.01	3.18
12	6350	7	0.030	0.092	0.006	1.98	2.05	3.25
10	10380	1	.....	0.102	0.08	1.21	1.26	2.00
10	10380	7	0.038	0.116	0.011	1.24	1.29	2.04
8	16510	1	.....	0.128	0.013	0.764	0.786	1.26
8	16510	7	0.049	0.146	0.017	0.778	0.809	1.28
6	26240	7	0.061	0.184	0.027	0.491	0.510	0.808
4	41740	7	0.077	0.232	0.042	0.308	0.321	0.508
3	52620	7	0.087	0.260	0.053	0.245	0.254	0.403
2	66360	7	0.097	0.292	0.067	0.194	0.201	0.319
1	83690	19	0.066	0.332	0.087	0.154	0.160	0.253
1/0	105600	19	0.074	0.373	0.109	0.122	0.127	0.201
2/0	133100	19	0.084	0.419	0.138	0.0967	0.101	0.159
3/0	167800	19	0.096	0.470	0.173	0.0766	0.0797	0.126
4/0	211600	19	0.106	0.528	0.219	0.0608	0.0626	0.100
250	.....	37	0.082	0.575	0.260	0.0515	0.0535	0.0847
300	.....	37	0.090	0.630	0.312	0.0429	0.0446	0.0707
350	.....	37	0.097	0.681	0.364	0.0367	0.0382	0.0605
400	.....	37	0.104	0.728	0.416	0.0321	0.0331	0.0529
500	.....	37	0.116	0.813	0.519	0.0258	0.0265	0.0424
600	.....	61	0.099	0.893	0.626	0.0214	0.0223	0.0353
700	.....	61	0.107	0.964	0.730	0.0184	0.0189	0.0303
750	.....	61	0.111	0.998	0.782	0.0171	0.0176	0.0282
800	.....	61	0.114	1.03	0.834	0.0161	0.0166	0.0265
900	.....	61	0.122	1.09	0.940	0.0143	0.0147	0.0235
1000	.....	61	0.128	1.15	1.04	0.0129	0.0132	0.0212
1250	.....	91	0.117	1.29	1.30	0.0103	0.0106	0.0169
1500	.....	91	0.128	1.41	1.57	0.00858	0.00883	0.0141
1750	.....	127	0.117	1.52	1.83	0.00735	0.00756	0.0121
2000	.....	127	0.126	1.63	2.09	0.00643	0.00662	0.0106

Anexo 7. Tabla para el Cálculo de resistencia para tierra por la IEEE std 142-1991

CONNECTION TO EARTH

IEEE
Std 142-1991

Table 13
Formulas for the Calculation of Resistances to Ground

	Hemisphere radius a	$R = \frac{\rho}{2\pi a}$
•	One ground rod length L , radius a	$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left(\ln \frac{4L}{a} - 1 \right)$
• •	Two ground rods $s > L$, spacing s	$R = \frac{\rho}{4\pi L} \left(\ln \frac{4L}{a} - 1 \right) + \frac{\rho}{4\pi s} \left(1 - \frac{L^2}{3s^2} + \frac{2L^4}{5s^4} \right)$
• •	Two ground rods $s < L$, spacing s	$R = \frac{\rho}{4\pi L} \left(\ln \frac{4L}{a} + \ln \frac{4L}{s} - 2 + \frac{s}{2L} - \frac{s^2}{16L^2} + \frac{s^4}{512L^4} \right)$
—	Buried horizontal wire length $2L$, depth $s/2$	$R = \frac{\rho}{4\pi L} \left(\ln \frac{4L}{a} + \ln \frac{4L}{s} - 2 + \frac{s}{2L} - \frac{s^2}{16L^2} + \frac{s^4}{512L^4} \right)$
L	Right-angle turn of wire length of arm L , depth $s/2$	$R = \frac{\rho}{4\pi L} \left(\ln \frac{2L}{a} + \ln \frac{2L}{s} - 0.2373 + 0.2146 \frac{s}{L} + 0.1035 \frac{s^3}{L^3} - 0.0424 \frac{s^4}{L^4} \right)$
	Three-point star length of arm L , depth $s/2$	$R = \frac{\rho}{6\pi L} \left(\ln \frac{2L}{a} + \ln \frac{2L}{s} + 1.071 - 0.209 \frac{s}{L} + 0.238 \frac{s^3}{L^3} - 0.054 \frac{s^4}{L^4} \right)$
+	Four-point star length of arm L , depth $s/2$	$R = \frac{\rho}{8\pi L} \left(\ln \frac{2L}{a} + \ln \frac{2L}{s} + 2.912 - 1.071 \frac{s}{L} + 0.645 \frac{s^3}{L^3} - 0.145 \frac{s^4}{L^4} \right)$
*	Six-point star length of arm L , depth $s/2$	$R = \frac{\rho}{12\pi L} \left(\ln \frac{2L}{a} + \ln \frac{2L}{s} + 6.851 - 3.128 \frac{s}{L} + 1.758 \frac{s^3}{L^3} - 0.490 \frac{s^4}{L^4} \right)$
* 	Eight-point star length of arm L , depth $s/2$	$R = \frac{\rho}{16\pi L} \left(\ln \frac{2L}{a} + \ln \frac{2L}{s} + 10.98 - 5.51 \frac{s}{L} + 3.26 \frac{s^3}{L^3} - 1.17 \frac{s^4}{L^4} \right)$
○	Ring of wire diameter of ring D , diameter of wire d , depth $s/2$	$R = \frac{\rho}{2\pi^2 D} \left(\ln \frac{8D}{d} + \ln \frac{4D}{s} \right)$
—	Buried horizontal strip length $2L$, section a by b , depth $s/2$, $b < a/8$	$R = \frac{\rho}{4\pi L} \left(\ln \frac{4L}{a} + \frac{a^2 - \pi ab}{2(a+b)^2} + \ln \frac{4L}{s} - 1 + \frac{s}{2L} - \frac{s^2}{16L^2} + \frac{s^4}{512L^4} \right)$
	Buried horizontal round plate radius a , depth $s/2$	$R = \frac{\rho}{8a} + \frac{\rho}{4\pi s} \left(1 - \frac{7}{12} \frac{a^2}{s^2} + \frac{33}{40} \frac{a^4}{s^4} \right)$
	Buried vertical round plate radius a , depth $s/2$	$R = \frac{\rho}{8a} + \frac{\rho}{4\pi s} \left(1 + \frac{7}{24} \frac{a^2}{s^2} + \frac{99}{320} \frac{a^4}{s^4} \right)$

*See Reference [16].

†Approximate formulas, including effects of images. Dimensions must be in centimeters to give resistance in ohms.

 ρ = resistivity of earth in ohm-centimeters.

For 10 ft (3 m) rods of 1/2, 5/8, and 3/4 in (12.7, 15.88, and 19.05 mm) diameters, the grounding resistance may be quickly determined by dividing the soil resistivity ρ , Ω -cm, by 288, 298, and 307, respectively.

Anexo 8. Presupuesto de la malla de puesta a tierra

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
PROYECTO:		ESCUELAS FISCAL MIXTA "JUAN GENARO JARAMILLO				
CAPITULO:		SISTEMA DE MALLA A TIERRA				
RUBRO:		1				
DETALLE:		Malla a tierra para el plantel educativo, compuesta por conductor desnudo calibre 2/0 AWG, varilla Copperweld de 1,8m x 16mm de diámetro, uniones con suelda exotérmica de 115g y gel reductor para resistividad del suelo.				
EQUIPOS - DESCRIPCIÓN		CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Equipo de albañilería		1	0,5	0,5	8	4
Herramientas		1	0,25	0,25	8	2
SUBTOTAL M					6	
MANO DE OBRA - DESCRIPCIÓN		CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Peón		2	3,01	5,2	15	78
Ayudante de electricista		2	3,01	5,64	15	84,6
Electricista		1	3,05	2,84	15	42,6
Supervisor Eléctrico General		0,1	3,38	0,303	15	4,545
SUBTOTAL N					209,745	
MATERIALES - DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT	COSTO	
cable No 2/0 DESN. AWG Cu USA UL		Mts.	30	9,3	279	
Varillas Copperweld 5/8" X 1,8 m		C/U	8	7,25	58	
Molde para suelda exotérmica		C/U	0,5	25	12,5	
Suelda Exotérmica de 115 gr		C/U	8	12	96	
Excavación de zanja y relleno		m3	1	80	80	
Conexión mecánica a equipos		C/U	1	22	22	
Gel reductor		C/U	48	35,7	1713,6	
SUBTOTAL O					2261,1	
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA		TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O)				2476,845
		INDIRECTOS Y UTILIDADES:			0,24	594,4428
		OTROS INDIRECTOS:				
		COSTO TOTAL DEL RUBRO:				3071,288
		VALOR OFERTADO:				3071,288

Anexo 9. Presupuesto referencial del rediseño eléctrico del plantel educativo

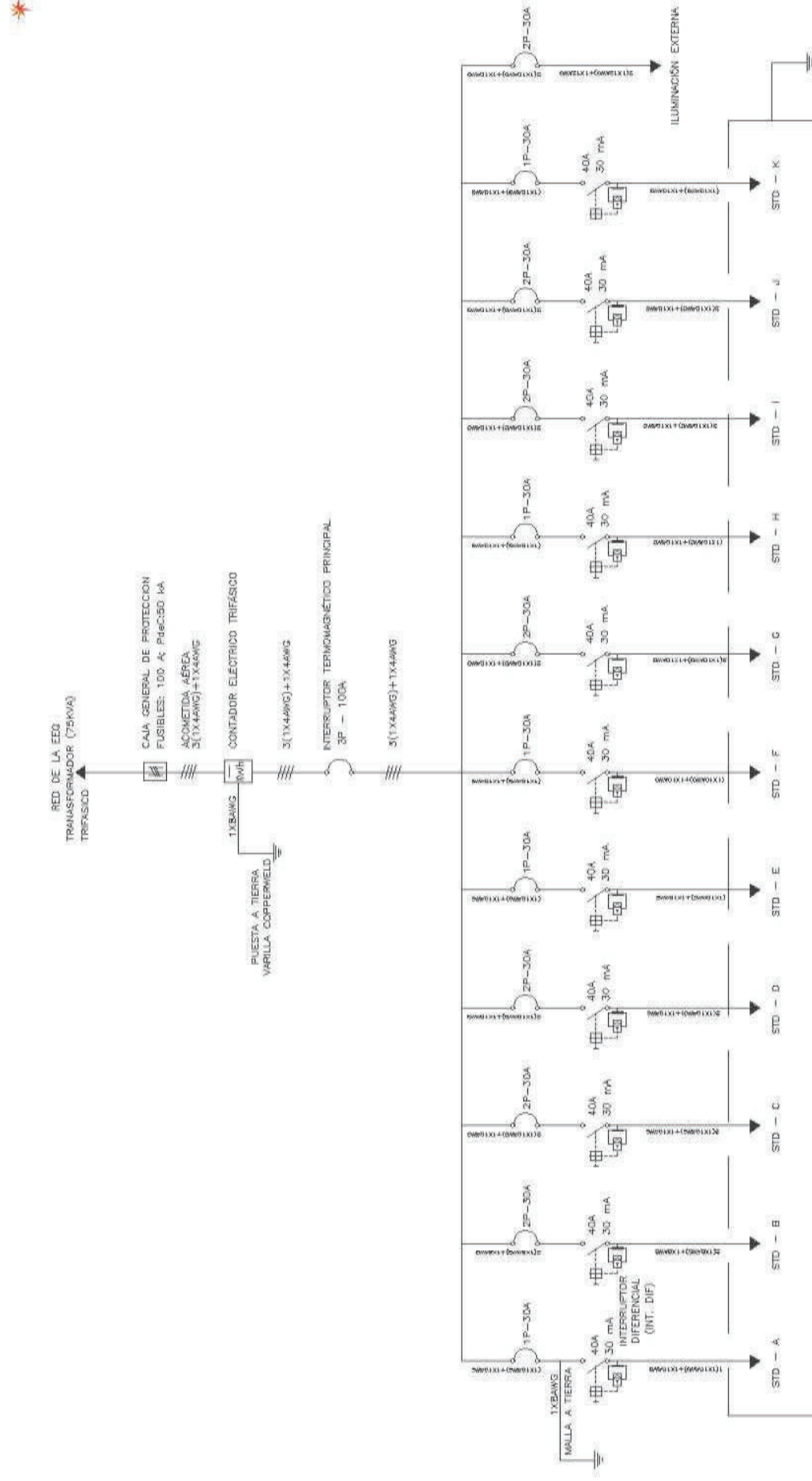
Proyecto: REDISEÑO ELÉCTRICO DE LA ESCUELA FISCAL MIXTA "JUAN GENARO JARAMILLO"					
PRESUPUESTO REFERENCIAL					
ITEM	DESCRIPCIÓN	CANT.	UNIDAD	PRECIO C/U	PRECIO TOTAL
INTERRUPTORES Y TOMACORRIENTES					
1	INTERRUPTOR SIMPLE 120 V. 15A	42,00	C/U	3,22	135,24
2	INTERRUPTOR DOBLE 120 V. 15A	27,00	C/U	4,02	108,54
3	INTERRUPTOR CONMUTABLE 120 V 15 A	8,00	C/U	3,60	28,80
3	TOMACORRIENTE DE USO GENERAL 120 V. 15 A.	91,00	C/U	4,06	369,46
4	TOMACORRIENTE ESPECIAL 120V. 15A	42,00	C/U	5,40	226,80
TABLEROS					
1	TABLERO 1φ, 4 ESPACIOS, 125 AMP, MONTAJE TIPO SUPERFICIE/EMPOTRADA	5,00	u	24,92	124,60
2	TABLERO 1φ, 8 ESPACIOS, 125 AMP, MONTAJE TIPO SUPERFICIE /EMPOTRADA	6,00	u	42,63	255,78
3	TABLERO 3φ, 12 ESPACIOS, 125 AMP, MONTAJE TIPO SUPERFICIE /EMPOTRADA	1,00	u	91,86	91,86
CONDUCTORES ELÉCTRICOS					
1	CONDUCTOR TIPO THHN # 14 AWG DE COBRE	1.654,0	m	0,44	727,76
2	CONDUCTOR TIPO THHN # 12 AWG DE COBRE	1.293,8	m	0,52	672,78
3	CONDUCTOR TIPO THHN # 10 AWG DE COBRE	658,00	m	0,83	546,14
4	CONDUCTOR TIPO THHN # 8 AWG DE COBRE	446,40	m.	1,35	602,64
5	CONDUCTOR TIPO THHN # 4 AWG DE COBRE	55,00	m.	2,42	133,10
INTERRUPTORES TERMOMAGNÉTICOS					
1	1P - 15A TIPO GE THQP	35,00	C/U	5,30	185,50
2	1P - 20A TIPO GE THQP	18,00	C/U	6,70	120,60
3	1P - 30A TIPO GE THQP	4,00	C/U	9,40	37,60
4	2P - 30A TIPO GE THQP	7,00	C/U	11,20	78,40
5	3P - 125A SCHNEIDER QOVS	1,00	C/U	23,50	23,50
CAJA DE CONEXIONES Y ACCESORIOS					
1	CAJA METALICA CONDUIT EMT OCTOGONAL	70,00	C/U	0,45	31,50
3	CAJA METALICA CONDUIT EMT RECTANGULAR	260,00	C/U	0,92	239,20
VARIOS					
2	CONECTORES	5,00	Kg	24,50	122,50
3	POSTE ORNAMENTAL METÁLICO 10 m	23,00	C/U	195,00	4.485,00
4	POSTE ORNAMENTAL METÁLICO 10 m (doble)	3,00	C/U	220,00	660,00
5	DESARMADOR PLANO	5,00	C/U	3,00	15,00
6	DESARMADOR ESTRELLA	5,00	C/U	3,00	15,00
TUBERÍA Y ACCESORIOS					
1	TUBERÍA CONDUIT EMT φ 3/4	550,00	m	1,21	665,50
2	TUBERÍA CONDUIT EMT φ 1/2	220,00	m	1,85	407,00
3	TUBERÍA CONDUIT EMT φ 1	58,00	m	2,60	150,80
5	UNIÓN METÁLICA DE TORNILLO EMT φ 3/4	550,00	C/U	0,32	176,00
6	UNIÓN METÁLICA DE TORNILLO EMT φ 1/2	220,00	C/U	0,69	151,80
7	UNIÓN METÁLICA DE TORNILLO EMT φ 1	58,00	C/U	1,16	67,28

9	ABRAZADERA CONDUIT EMT ϕ 3/4	1.000,0	C/U	0,12	120,00
10	ABRAZADERA CONDUIT EMT ϕ 1/2	450,00	C/U	0,18	81,00
11	ABRAZADERA CONDUIT EMT ϕ 1	140,00	C/U	0,28	39,20
13	CODO CONDUIT EMT ϕ 3/4	40,00	C/U	2,20	88,00
14	CODO CONDUIT EMT ϕ 1/2	20,00	C/U	2,80	56,00
15	CODO CONDUIT EMT ϕ 1	15,00	C/U	3,50	52,50
LUMINARIAS					
1	LUMINARIA FLUORESCENTE 2X28 W	154,00	C/U	29,50	4.543,00
2	LUMINARIA FLUORESCENTE 3X32 W	38,00	C/U	35,80	1.360,40
3	LUMINARIA COMPACTA 25 W	54,00	C/U	5,60	302,40
4	LUMINARIA OPTAL 250 w	27,00	C/U	420,00	11.340,00
SUB TOTAL					
				USD.	29.638,18

Proyecto: REDISEÑO ELÉCTRICO DE LA ESCUELA FISCAL MIXTA "JUAN GENARO JARAMILLO"						
PRESUPUESTO REFERENCIAL						
ITEM	DESCRIPCIÓN	CANT.	UNIDAD	PRECIO C/U	PRECIO TOTAL HORA	TOTAL 2 MESES [\$]
MANO DE OBRA						
1	Albañil	2,00	Hora	2,80	5,60	2688,00
2	Ayudante de electricista	3,00	Hora	3,00	9,00	4320,00
3	Electricista	2,00	Hora	3,50	7,00	3360,00
3	Supervisor Eléctrico	2,00	Hora	4,50	9,00	4320,00
PUNTOS ELÉCTRICOS						
1	Punto de iluminación	349,00	u	7,00	2.443,00	2.443,00
2	Punto de Fuerza	133,00	u	7,00	931,00	931,00
SUB TOTAL				USD.	3.408,10	18.062,00

Proyecto: REDISEÑO ELÉCTRICO DE LA ESCUELA FISCAL MIXTA "JUAN GENARO JARAMILLO"	
DESCRIPCIÓN	TOTAL [\$]
MATERIALES	\$ 29638,18
PUESTA A TIERRA	\$ 3070,28
MANO DE OBRA	\$ 18062
PRESUPUESTO TOTAL REFERENCIAL PARA EL PROYECTO	\$ 50770,46

Anexo 10. Diagrama Unifilar del rediseño eléctrico de la Escuela Fiscal Mixta "Juan Genaro Jaramillo"



Anexo 11

Planos eléctricos de la Escuela Fiscal Mixta
"Juan Genaro Jaramillo"