



REPÚBLICA DEL ECUADOR

**Escuela Politécnica Nacional**

"E SCIENTIA HOMINIS SALUS"

La versión digital de esta tesis está protegida por la Ley de Derechos de Autor del Ecuador.

Los derechos de autor han sido entregados a la "ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL" bajo el libre consentimiento del (los) autor(es).

Al consultar esta tesis deberá acatar con las disposiciones de la Ley y las siguientes condiciones de uso:

- Cualquier uso que haga de estos documentos o imágenes deben ser sólo para efectos de investigación o estudio académico, y usted no puede ponerlos a disposición de otra persona.
- Usted deberá reconocer el derecho del autor a ser identificado y citado como el autor de esta tesis.
- No se podrá obtener ningún beneficio comercial y las obras derivadas tienen que estar bajo los mismos términos de licencia que el trabajo original.

El Libre Acceso a la información, promueve el reconocimiento de la originalidad de las ideas de los demás, respetando las normas de presentación y de citación de autores con el fin de no incurrir en actos ilegítimos de copiar y hacer pasar como propias las creaciones de terceras personas.

***Respeto hacia sí mismo y hacia los demás.***

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**

**ESTUDIO Y DISEÑO PARA LA REMODELACIÓN DE LAS  
INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE LA UNIDAD EDUCATIVA  
EXPERIMENTAL MANUELA CAÑIZARES**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO  
ELÉCTRICO EN LA ESPECIALIZACIÓN DE SISTEMAS  
ELÉCTRICOS DE POTENCIA**

**MASABANDA SANTANA ALEX OMAR**  
alexoms\_epn@hotmail.es

**MONTAÑO RIVAS LENIN ARTURO**  
col\_leno@yahoo.com

**DIRECTOR ING. LUIS WELLINGTON PÉREZ NARANJO**  
lperez@mailfie.epn.edu.ec

**Quito, Abril de 2013**

## DECLARACIÓN

Nosotros Masabanda Santana Alex Omar y Montaña Rivas Lenin Arturo, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos nuestros 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.

---

Alex Masabanda

---

Lenin Montaña

## CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Masabanda Santana Alex Omar y Montaña Rivas Lenin Arturo, bajo mi supervisión.

---

**Ing. Luís Pérez Naranjo**

**DIRECTOR DEL PROYECTO**

## AGRADECIMIENTOS

A todos quienes aportaron a un fin común, la culminación de este proyecto entre los cuales el más importante Dios y sus bendiciones, luego al constante apoyo incondicional de mis Padres María Ernestina y Nelson Arturo y mis tíos Joffre y Eulalia, además mis grandes amistades dentro de la vida universitaria Niño Esperanza.

*Lenin Montaña Rivas*

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mis hermanos por siempre ser un apoyo en los momentos difíciles.

A mis amigos y amigas por todos los momentos vividos en este duro camino recorrido y por todos los momentos alegres y tristes que hemos pasado juntos sin olvidar que juntos hemos crecido aprendiendo de nuestros errores y no hemos dejado a ninguno solo.

*Alex Masabanda*

## DEDICATORIA

Dedico este proyecto a mis Padres quienes nunca me desampararon en toda mi carrera universitaria y siempre serán mi fuente de vida.

Cada individuo tiene su fortaleza en su carácter el cual es forjado con el vivir diario y en base a escuchar a su propio yo interior, considerando los cánones y leyes impuestas por el mismo.

*Lenin Montaña Rivas*

## DEDICATORIA

Dedico este proyecto a mis padres por nunca haber dejado de creer en mí y haberme apoyado incondicionalmente hasta el final

*Alex Masabanda*

## CONTENIDO

	Pág.
Declaración	I
Certificación	II
Agradecimiento	III
Dedicatoria	V
Índice	VII
Lista de Cuadros	XII
Lista de Figuras	XV
Lista de Planos	XVII
Resumen	XIX
Objetivos	XX
Alcance	XXI
Justificación de Proyecto	XXII
Presentación	XXIII

## INDICE

<b>CAPITULO I GENERALIDADES.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 RESEÑA HISTÓRICA.....</b>	<b>1</b>
<b>1.2 JUSTIFICACIÓN .....</b>	<b>2</b>
<b>CAPITULO II ESTUDIO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN ESTADO ACTUAL DEL SISTEMA.....</b>	<b>5</b>
<b>2.1 LEVANTAMIENTO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS ACTUALES.....</b>	<b>5</b>
<b>2.1.1 DESCRIPCIÓN DE LOS CONTADORES DE ENERGÍA.....</b>	<b>5</b>
<b>2.1.2 CARGA ELÉCTRICA.....</b>	<b>7</b>
<b>2.1.2.1 Iluminación .....</b>	<b>7</b>
<b>2.1.2.2 Fuerza .....</b>	<b>9</b>
<b>2.1.2.3 Computadores Datos y Comunicaciones.....</b>	<b>10</b>

2.1.2.4 Otros.....	10
2.1.2.5 Comportamiento de la Carga .....	10
2.1.3 LEVANTAMIENTO POR EDIFICIOS.....	15
2.1.3.1 Edificio Principal.....	15
2.1.3.2 Edificio Raúl López.....	16
2.1.3.3 Edificio Bloque Nuevo.....	17
2.1.3.4 Aulas Unitarias y Auditorio .....	18
2.2 IDENTIFICACIÓN DE CIRCUITOS DE LAS INSTALACIONES .....	21
2.2.1 DESCRIPCIÓN POR ACOMETIDA DEL EDIFICIO .....	21
2.2.2 DESCRIPCIÓN DE CIRCUITOS POR PLANTAS DE EDIFICIOS .....	22
2.2.3 DIAGRAMA UNIFILAR DE LAS INSTALACIONES .....	28
2.3 ANÁLISIS DE LA CARGA ELÉCTRICA DE CADA CIRCUITO.....	29
2.4 IDENTIFICACIÓN DE PROBLEMAS ACTUALES .....	31
2.4.1 ESTADO ACTUAL DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS .....	31
2.4.2 PROBLEMAS PUNTUALES DE LOS EDIFICIOS .....	32
2.4.3 PELIGRO DE INCENDIO .....	34
<b>CAPITULO III ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN RELACIÓN A LOS PROBLEMAS ACTUALES .....</b>	<b>36</b>
3.1 PLANTAMIENTO DE PROBLEMAS Y NECESIDADES DEL SISTEMA ELÉCTRICO DEL EDIFICIO .....	36
3.1.1 EDIFICIO PRINCIPAL .....	36
3.1.2 EDIFICIO RAÚL LÓPEZ.....	37
3.1.3 AULAS UNITARIAS, LABORATORIOS DE BIOLOGIA Y AUDITORIO.....	38
3.1.4 BLOQUE NUEVO .....	38
3.1.5 BLOQUE VIEJO .....	39
3.2 OBJETIVO DE LA REMODELACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO DEL EDIFICIO .....	39
3.3 OPTIMIZACIÓN DE LOS RECURSOS ELÉCTRICOS DE LA INSTITUCIÓN .....	40
3.4 FACTIBILIDAD TÉCNICA .....	41
3.5 FACTIBILIDAD ECONÓMICA.....	41
3.6 ANÁLISIS COSTO BENEFICIO .....	42

3.7 FACTIBILIDAD OPERATIVA .....	43
<b>CAPITULO IV REDISEÑO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS .....</b>	<b>45</b>
4.1 NORMAS .....	45
4.2 NIVELES DE VOLTAJE.....	47
4.3 SISTEMA DE MEDIDA .....	47
4.3.1 CONTADORES DE TRES ELEMENTOS.....	47
4.4 FUNDAMENTOS TÉCNICOS PARA EL DISEÑO.....	48
4.4.1 TOMACORRIENTES.....	48
4.4.2 INTERRUPTORES .....	49
4.4.3 CAJAS METÁLICAS DE PASO .....	49
4.4.4 CONDUCTORES ELÉCTRICOS .....	50
4.4.5 ILUMINACIÓN .....	50
4.5 DIMENSIONAMIENTO Y LOCALIZACIÓN DE EQUIPOS .....	51
4.5.1 CAJAS METÁLICAS DE PASO.....	51
4.5.2 TABLERO DE DISTRIBUCIÓN .....	51
4.5.3 DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN .....	51
4.5.4 CONTADORES DE ENERGÍA.....	52
4.5.5 CANALIZACIÓN .....	52
4.5.6 CONDUCTORES ELÉCTRICOS .....	52
4.6 DISEÑO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN EFICIENTE .....	53
4.6.1 EJEMPLO DE DISEÑO DE ILUMINACIÓN CON EL PROGRAMA DIALUX .....	54
4.6.2 PHILIPS TBS260 2XTL5-28W C6 .....	60
4.6.3 OSRAM 72100 LUMILUZ DUO T5-F/P 2X28W .....	61
4.6.4 COMPARACIÓN DE DISEÑO PHILIPS - OSRAM .....	63
4.6.4.1 Edificio Principal Planta Baja.....	63
4.6.4.2 Edificio Principal Primera Planta .....	65
4.6.4.3 Edificio Principal Segunda Planta .....	67
4.7 DISEÑO DEL SISTEMA DE FUERZA.....	68
4.7.1 CRITERIOS DE DISEÑO .....	68
4.8 DISEÑO DE LA ACOMETIDA PARA MEDIANO VOLTAJE .....	82

4.9 DISEÑO DE LA CÁMARA DE TRANSFORMACIÓN.....	83
4.9.1 REFERENCIAS .....	83
4.9.2 DIMENSIONAMIENTO DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN .....	84
4.10 DISEÑO DE LA ACOMETIDA PARA BAJO VOLTAJE .....	87
4.11 ESTUDIO DE LA CARGA POR EDIFICIO .....	88
4.12 DISEÑO DE ALIMENTADORES ELÉCTRICOS .....	93
4.13 DISEÑO DE CONDUCTORES Y CAIDAS DE VOLTAJE .....	94
4.14 DISEÑO DEL SISTEMA DE COMUNICACIONES .....	96
4.15 DISEÑO DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA .....	96
4.15.1 DISEÑO DEL POZO A TIERRA .....	98
4.15.2 MEDICIÓN DE LA RESISTIVIDAD .....	99
4.15.3 MEDICIÓN DE LA RESISTIVIDAD APARENTE (MÉTODO DE WENNER) .....	100
4.15.4 CÁLCULO DE LA PUESTA A TIERRA .....	101
4.16 LISTA DE MATERIALES.....	104
CAPITULO V DISEÑO DEL GRUPO DE EMERGENCIA .....	105
5.1 DIMENSIONAMIENTO DEL GRUPO DE EMERGENCIA (kVA).....	105
5.2 DETERMINACIÓN DEL LUGAR FÍSICO MAS APROPIADO PARA SU INSTALACIÓN.....	107
5.2.1 UBICACIÓN DENTRO DEL ÁREA A EMPLEAR .....	108
5.2.2 DIMENSIONES DE LA SALA .....	108
5.2.3 SUSTENTACIÓN.....	108
5.2.4 VENTILACIÓN.....	109
5.2.5 NIVEL SONORO .....	109
5.2.6 TEMPERATURA DE LOS GASES DE ESCAPE.....	109
5.2.7 ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE.....	110
5.3 APLICACIÓN DE NORMAS PARA DETERMINAR EL TIPO DE GRUPO ELECTRÓGENO ADECUADO EN PLANTELES EDUCATIVOS .....	110
5.4 DETERMINACIÓN DEL GRADO DE INSONORIZACIÓN .....	110
5.5 JUSTIFICACIÓN Y DETERMINACIÓN DEL TIPO DE CONTROL A EMPLEARSE SEA ESTE MANUAL, AUTOMÁTICO SIN CONMUTACIÓN O AUTOMÁTICO CON CONMUTACIÓN .....	112
5.6 DETERMINACIÓN DE LAS CARGAS PRINCIPALES Y AUXILIARES QUE SE VAN AL GRUPO ELECTRÓGENO .....	113

<b>CAPITULO VI DISEÑO DEL CABLEADO ESTRUCTURADO.....</b>	<b>116</b>
<b>6.1 ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....</b>	<b>116</b>
<b>6.2 CABLEADO HORIZONTAL.....</b>	<b>116</b>
<b>6.2.1 MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>116</b>
<b>6.2.2 EDIFICIO PRINCIPAL .....</b>	<b>118</b>
<b>6.2.2.1 Edificio Principal Planta Baja.....</b>	<b>118</b>
<b>6.2.2.2 Edificio Principal Primera Planta .....</b>	<b>119</b>
<b>6.2.2.3 Edificio Principal Segunda Planta .....</b>	<b>120</b>
<b>6.2.3 EDIFICIO RAÚL LÓPEZ.....</b>	<b>120</b>
<b>6.2.3.1 Sub Suelo Edificio Raúl López.....</b>	<b>120</b>
<b>6.2.3.2 Planta Baja Edificio Raúl López.....</b>	<b>121</b>
<b>6.2.3.3 Primera Planta Edificio Raúl López .....</b>	<b>122</b>
<b>6.2.3.4 Segunda Planta Edificio Raúl López .....</b>	<b>122</b>
<b>6.2.4 EDIFICIO BLOQUE NUEVO .....</b>	<b>123</b>
<b>6.2.4.1 Planta Baja .....</b>	<b>123</b>
<b>6.2.4.2 Planta Alta .....</b>	<b>123</b>
<b>6.3 CABLEADO VERTICAL.....</b>	<b>124</b>
<b>6.3.1 MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>124</b>
<b>6.4 ARMARIO DE TELECOMUNICACIONES .....</b>	<b>126</b>
<b>6.4.1 MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>126</b>
<b>6.5 SALA DE EQUIPOS.....</b>	<b>127</b>
<b>6.5.1 MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>127</b>
<b>CAPITULO VII LISTA DE MATERIALES Y PRESUPUESTO .....</b>	<b>128</b>
<b>7.1 LISTA DE MATERIALES.....</b>	<b>128</b>
<b>7.1.1 LISTA DE MATERIALES ELÉCTRICOS .....</b>	<b>128</b>
<b>7.1.2 LISTA DE MATERIALES DE CABLEADO ESTRUCTURADO.....</b>	<b>130</b>
<b>7.2 PRESUPUESTO .....</b>	<b>130</b>

<b>CAPITULO VIII CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>137</b>
<b>8.1 CONCLUSIONES .....</b>	<b>137</b>
<b>8.2 RECOMENDACIONES .....</b>	<b>140</b>
<b>ANEXOS 1 DESCRIPCIÓN DE LOS CONTADORES DE ENERGÍA .....</b>	<b>143</b>
<b>ANEXOS 2 COMPARACIÓN ENTRE EL MÉTODO DE CÁLCULO DE DEMANDA DE LA EMPRESA ELÉCTRICA QUITO S.A. Y EL NEC .....</b>	<b>150</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>153</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>155</b>
<b>ANEXOS 3 PLANOS DEL LEVANTAMIENTO ELÉCTRICO DE LA UNIDAD EDUCATIVA “MANUELA CAÑIZARES”</b>	
<b>ANEXOS 4 PLANOS DEL DISEÑO DE ILUMINACIÓN PARA LA UNIDAD EDUCATIVA “MANUELA CAÑIZARES”</b>	
<b>ANEXOS 5 PLANOS DEL DISEÑO DE TOMACORRIENTES PARA LA UNIDAD EDUCATIVA “MANUELA CAÑIZARES”</b>	
<b>ANEXOS 6 PLANOS DEL DISEÑO DE LOS ALIMENTADORES PARA LA UNIDAD EDUCATIVA “MANUELA CAÑIZARES</b>	
<b>ANEXOS 7 PLANOS DEL DISEÑO DE CABLEADO ESTRUCTURADO PARA LA UNIDAD EDUCATIVA “MANUELA CAÑIZARES”</b>	
<b>LISTA DE CUADROS</b>	
<b>Cuadro 2.1 Descripción de los contadores de Energía.....</b>	<b>6</b>
<b>Cuadro 2.2 Total de luminarias actualmente instaladas .....</b>	<b>9</b>
<b>Cuadro 2.3 Carga de iluminación y fuerza del Edificio principal .....</b>	<b>16</b>
<b>Cuadro 2.4 Cargas Adicionales del Edificio Principal .....</b>	<b>16</b>
<b>Cuadro 2.5 Carga de iluminación y fuerza del Ed. Raúl López.....</b>	<b>17</b>
<b>Cuadro 2.6 Cargas Adicionales del Ed. Raúl López .....</b>	<b>17</b>
<b>Cuadro 2.7 Carga de iluminación y fuerza del Bloque Nuevo .....</b>	<b>18</b>
<b>Cuadro 2.8 Cargas Adicionales del Bloque Nuevo.....</b>	<b>18</b>
<b>Cuadro 2.9 Carga de iluminación y fuerza de Aulas Unitarias y Auditorio.....</b>	<b>19</b>
<b>Cuadro 2.10 Cargas Adicionales de Aulas Unitarias y Auditorio .....</b>	<b>19</b>
<b>Cuadro 2.11 Cuadro General Cargas del Edificio.....</b>	<b>20</b>

Cuadro 2.12 Contadores de Energía.....	21
Cuadro 2.13 Circuitos Contador de Energía 1 .....	22
Cuadro 2.14 Circuitos Contador de Energía 2 .....	23
Cuadro 2.15 Circuitos Contador de Energía 3, 4, 5 .....	24
Cuadro 2.16 Circuitos Contador de Energía 6 y 7 .....	25
Cuadro 2.17 Circuitos Contador de Energía 8 .....	26
Cuadro 2.18 Circuitos Contador de Energía 9 y 10 .....	27
Cuadro 3.1 Consumo de Suministros actual y proyectado .....	42
Cuadro 3.2 Cálculo del VAN y del TIR10 .....	43
Cuadro 4.1 Estándares de la norma EN 12464-1 .....	53
Cuadro 4.2 Relación Lúmenes/Potencia.....	59
Cuadro 4.3 Comparación de diseño Philips – Osram en la planta baja del edificio principal .....	65
Cuadro 4.4 Comparación de diseño Philips – Osram en la primera planta del edificio principal .....	66
Cuadro 4.5 Comparación de diseño Philips – Osram en la primera planta del edificio principal .....	68
Cuadro 4.6 Diseño Alimentador 1 .....	69
Cuadro 4.7 Diseño Alimentador 2 .....	70
Cuadro 4.8 Diseño Alimentador 3 .....	71
Cuadro 4.9 Diseño Alimentador 4 y 5 .....	72
Cuadro 4.10 Diseño Alimentador 6 y 7.....	73
Cuadro 4.11 Diseño Alimentador 8.....	74
Cuadro 4.12 Diseño Alimentador 9 y 10.....	75
Cuadro 4.13 Diseño Alimentador 11 .....	76
Cuadro 4.14 Diseño Alimentador 12 .....	76
Cuadro 4.15 Diseño Alimentador 13 y 14.....	77
Cuadro 4.16 Diseño Alimentador 15 Y 16.....	78
Cuadro 4.17 Diseño Alimentador 17 y 18.....	79
Cuadro 4.18 Diseño Alimentador 18 TS27 .....	80
Cuadro 4.19 Diseño del Alimentador 19 .....	80

Cuadro 4.20 Diseño Alimentador 20 .....	81
Cuadro 4.21 Cálculo de la potencia del transformador .....	84
Cuadro 4.22 Carga del Edificio principal .....	89
Cuadro 4.23 Cargas Adicionales del Edificio Principal .....	89
Cuadro 4.24 Carga de iluminación y fuerza del Ed. Raúl López .....	90
Cuadro 4.25 Cargas Adicionales del Ed. Raúl López .....	90
Cuadro 4.26 Carga de iluminación y fuerza del Bloque Nuevo .....	91
Cuadro 4.27 Cargas Adicionales del Bloque Nuevo .....	91
Cuadro 4.28 Carga de iluminación y fuerza de Aulas Unitarias y Auditorio .....	92
Cuadro 4.29 Cargas Adicionales de Aulas Unitarias y Auditorio .....	92
Cuadro 4.30 Ubicación de Tableros Secundarios .....	93
Cuadro 4.31 Cálculo de caída de Voltaje .....	95
Cuadro 4.32 Ejemplos de resistividad de suelos .....	98
Cuadro 4.33 Lista de materiales para las instalaciones eléctricas .....	104
Cuadro 5.1 Calculo Capacidad del Grupo Electrónico .....	106
Cuadro 5.2. Capacidad y voltaje de grupo generador .....	106
Cuadro 5.3 Cantidad total de luminarias que no se puede interrumpir su funcionamiento en escaleras y corredores .....	114
Cuadro 5.4 Cantidad total de luminarias que no se puede interrumpir su funcionamiento en oficinas .....	114
Cuadro 5.5 Cantidad total de tomacorrientes que no se puede interrumpir su funcionamiento ...	115
Cuadro 5.6 Carga de iluminación y tomacorrientes que no se puede interrumpir su servicio .....	115
Cuadro 7.1 Lista de Materiales para las Instalaciones Eléctricas .....	129
Cuadro 7.2 Lista de Materiales para la instalación de Cableado estructurado .....	130
Cuadro 7.3 Presupuesto Referencial para la instalación del Transformador .....	131
Cuadro 7.4 Presupuesto Referencial para la Instalaciones Eléctricas en media Tensión .....	131
Cuadro 7.5 Presupuesto referencial de los materiales a usar en las instalaciones eléctricas .....	132
Cuadro 7.6 Presupuesto Referencial para la Instalación del Generador .....	133
Cuadro 7.7 Presupuesto referencial para la instalación de la Malla de Puesta a Tierra .....	133
Cuadro 7.8 Presupuesto referencial para la adquisición de Luminarias .....	134

Cuadro 7.9 Presupuesto referencial de los materiales para Cableado Estructurado.....	134
Cuadro 7.10 Presupuesto referencial de la mano de Obra para la Instalación del Cableado Estructurado.....	135
Cuadro 7.11 Presupuesto Referencial para la mano de obra de las Instalaciones Eléctricas .....	135
Cuadro 7.12 Presupuesto Referencial para la remodelación de las instalaciones eléctricas de la Unidad Educativa “Manuela Cañizares” .....	136
Cuadro 1.1 Anexo 2 Unidad de Carga por pies cuadrados .....	150
Cuadro 1.2 Anexo 2 Porción de carga de iluminación y pequeños artefactos .....	151
Cuadro 1.3 Anexo 2 Cuadro de Demanda Para Tomas Eléctricas.....	151
Cuadro 1.4 Anexo 2 Cuadro de tomas especiales .....	152
Cuadro 1.5 Anexo 2 Demanda Diversificada (kVA) .....	152
<b>LISTA DE FIGURAS</b>	
Figura 1.1. Red que alimenta a la Unidad Educativa “Manuela Cañizares” .....	3
Figura 2.1 Distribución de las cargas en el Edificio.....	7
Figuras 2.2. 2.3. 2.4. Ejemplos de iluminación en el edificio.....	8
Figura 2.5. Ejemplos de tomacorrientes en el edificio .....	9
Figura 2.6 Curva de Carga Diaria.....	11
Figura 2.7 Curva de Potencia Semanal .....	11
Figura 2.8 Perfil de Voltajes .....	12
Figura 2.9 Curva de Corriente .....	13
Figura 2.10 Factor de Potencia .....	13
Figura 2.11 Curva de Flickers .....	14
Figura 2.12 Distorsión Armónica (THD).....	15
Figura 2.13 Diagrama Unifilar Actual de la Unidad Educativa Experimental “Manuela Cañizares” ...	28
Figura 2.14 y 2.15 Ejemplo de las instalaciones Eléctricas deterioradas de los Edificios .....	31
Figura 2.16 Estado deteriorado de las Instalaciones actuales .....	34
Figura 2.17 Estado deteriorado de las Instalaciones actuales .....	35
Figura 2.18 Peligro estado que se encuentran las Instalaciones Actuales .....	35
Figura 4.1 Diagrama del contador de Energía de 3 Elementos.....	48

Figura 4.2 Cuadro de inicio Programa Dialux.....	54
Figura 4.3 Editor de locales Programa Dialux .....	55
Figura 4.4 Selección de colores, materiales y factor de mantenimiento en Programa Dialux .....	55
Figura 4.5 Selección de luminarias en programa Dialux .....	56
Figura 4.6 Selección de luminaria TBS 260 en el catálogo Philips .....	57
Figura 4.7 Forma de insertar la luminaria en el local del programa Dialux.....	58
Figura 4.8 Resultados de la simulación del programa Dialux.....	59
Figura 4.9 Ejemplo de ubicación de luminarias usando Dialux .....	60
Figura 4.10 Luminaria TBS260 2xTL5-28W C6.....	60
Figura 4.11 Fotometría de la luminaria TBS260 2xTL5 -28W C6.....	61
Figura 4.12 Dimensiones de la luminaria .....	61
Figura 4.13 Luminaria Osram 72100 LUMILUX DUO T5-F/P 2x28W .....	62
Figura 4.14 Fotometría de la luminaria OSRAM 72100 LUMINUX T5 –F/P 2x28W.....	62
Figura 4.15 Imagen de un seccionador fusible.....	82
Figura 4.16 Transformador PadMounted .....	85
Figura 4.17 Transformador tipo PAD MOUNTED vista frontal .....	86
Figura 4.18 Transformador tipo PAD MOUNTED vista lateral.....	87
Figura 4.19 Imagen Fusible NH 630 – 500V .....	88
Figura 4.20 Flujo de Corriente para un Hemisferio en Tierra Uniforme .....	99
Figura 4.21 Método idealizado para determinar la resistividad del suelo.....	100
Figura 4.22 Sistema de puesta a tierra para la Unidad Educativa “Manuela Cañizares” .....	103
Figura 5.1 Diagrama de Grupo de Emergencia.....	105
Figura 5.2 Diagrama unifilar del Grupo de Emergencia .....	113
Figura 6.1 Tipo de Cobertura de un cableado horizontal típico .....	117
Figura 6.2 Distancia máxima permitida de un cableado Horizontal.....	117
Figura 6.3 Tipo de Conexión entre edificios de un cableado Vertical .....	125
Figura 6.4 Topología de conexión de Cableado Estructurado .....	125
Figura 1.1 Anexo1 Contador de Energía electromecánico trifásico 4 hilos .....	143

Figura 1.2 Anexo 1 Contador de Energía electromecánico con registrador electrónico trifásico 4 hilos .....	143
Figura 1.3 Anexo 1 Contador de Energía electromecánico bifásico 3 hilos. ....	144
Figura 1.4 Anexo 1 Contador de Energía electromecánico trifásico 4 hilos .....	145
Figura 1.5 Anexo 1 Contador de Energía electromecánico trifásico 4 hilos .....	145
Figura 1.6 Anexo 1 Contador de Energía electrónico trifásico 4 hilos .....	146
Figura 1.7 Anexo 1 Contador de Energía electromecánico trifásico 4 hilos .....	147
Figura 1.8 Anexo 1 Contador de Energía trifásico 4 hilos .....	148
Figura 1.9 Anexo 1 Contador de Energía electromecánico Bifásico 3 hilos.....	148
Figura 1.10 Anexo 1 Contador de Energía electromecánico Bifásico 3 hilos.....	149

#### LISTA DE PLANOS

**PLANO 3.1 Anexo 3.1 Levantamiento de las instalaciones eléctricas actuales de la Unidad Educativa “Manuela Cañizares”**

**PLANO 3.2 Anexo 3.2 Levantamiento de las instalaciones eléctricas actuales de la Unidad Educativa “Manuela Cañizares”**

**PLANO 4.1 Anexo 4.1 Diseño de iluminación y circuitos de la planta baja y primera planta del edificio principal de la Unidad Educativa “Manuela Cañizares”**

**PLANO 4.2 Anexo 4.2 Diseño de iluminación y circuitos de la segunda planta del edificio principal, sub suelo y planta baja del edificio Raúl López la Unidad Educativa “Manuela Cañizares”**

**PLANO 4.3 Anexo 4.3 Diseño de iluminación y circuitos de la primera y segunda planta del edificio Raúl López y la primera y segunda planta del bloque nuevo Unidad Educativa “Manuela Cañizares”**

**PLANO 4.4 Anexo 4.4 Diseño de iluminación y circuitos de las aulas unitarias, baños y del bloque externo de la Unidad Educativa “Manuela Cañizares”**

**PLANO 5.1 Anexo 5.1 Diseño de tomacorrientes y circuitos de la planta baja y primera planta del edificio principal de la Unidad Educativa “Manuela Cañizares”**

**PLANO 5.2 Anexo 5.2 Diseño de tomacorrientes y circuitos de la segunda planta del edificio principal, sub suelo y planta baja del edificio Raúl López la Unidad Educativa “Manuela Cañizares”**

**PLANO 5.3 Anexo 5.3 Diseño de tomacorrientes y circuitos de la primera y segunda planta del edificio Raúl López y la primera y segunda planta del bloque nuevo Unidad Educativa “Manuela Cañizares”**

**PLANO 5.4 Anexo 5.4 Diseño de tomacorrientes y circuitos de las aulas unitarias, baños y del bloque externo de la Unidad Educativa “Manuela Cañizares”**

**PLANO 6.1 Anexo 6.1 Diseño de alimentadores eléctricos de la planta baja y primera planta del edificio principal de la Unidad Educativa “Manuela Cañizares”**

**PLANO 6.2 Anexo 6.2 Diseño de alimentadores eléctricos de la segunda planta del edificio principal, y del edificio Raúl López de la Unidad Educativa “Manuela Cañizares”**

**PLANO 6.3 Anexo 6.3 Diseño de Alimentadores eléctricos de las aulas unitarias, baños y del edificio bloque nuevo de Unidad Educativa “Manuela Cañizares”**

**PLANO 6.4 Anexo 6.4 Ubicación del transformador, grupo de emergencia y diagrama unifilar.**

**PLANO 7.1 Anexo 7.1 Diseño de cableado estructurado de la planta baja y primera planta del edificio principal de la Unidad Educativa “Manuela Cañizares”**

**PLANO 7.2 Anexo 7.2 Diseño de cableado estructurado de la segunda planta del edificio principal, sub suelo y planta baja del edificio Raúl López de la Unidad Educativa “Manuela Cañizares”**

**PLANO 7.3 Anexo 7.3 Diseño de Alimentadores eléctricos de las aulas unitarias, baños y del bloque nuevo de Unidad Educativa “Manuela Cañizares”**

**ESTUDIO Y DISEÑO PARA LA REMODELACIÓN DE LAS INSTALACIONES  
ELÉCTRICAS DE LA UNIDAD EDUCATIVA EXPERIMENTAL MANUELA  
CAÑIZARES**

**RESUMEN**

El desarrollo de un país se mide en base a la educación de sus habitantes y para lograr este objetivo es necesario que exista la adecuada estructura educacional que comprende una interacción entre maestros, alumnos y medio ambiente, el cual comprende el sitio donde se va a impartir la docencia cumpliendo con todos los requerimientos para suplir las necesidades del alumnado y del personal institucional.

A fin de determinar las necesidades adecuadas para un plantel educativo se ha desarrollado este proyecto el cual diagnostica los problemas actuales y la respectiva solución, mediante un rediseño de todas las instalaciones eléctricas y de comunicaciones, además de un análisis económico de las mismas.

Durante una inspección realizada al plantel es clara y evidente la necesidad inminente de nuevas instalaciones eléctricas debido a la vejez que tiene actualmente, dentro de la solución a estos problemas está el rediseño de todas sus instalaciones eléctricas y como base principal el montaje de un transformador de uso exclusivo del plantel y así con ello suprimir aquellas acometidas que se encuentran por toda la periferia para dotar de un suministro confiable a la Unidad Educativa Experimental "Manuela Cañizares".

Implantar un sistema de comunicaciones moderno y con visión a la investigación debido a que carece del mismo; este estudio también contempla un grupo electrógeno para mantener una continuidad de servicio sin necesidad de suspender actividades, situación que perjudica al alumnado.

Es de vital importancia la ejecución de este proyecto debido a que en la actualidad no deben existir estas necesidades y falencias en los planteles educativos con tanto renombre en la historia de una ciudad.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General:**

Realizar el estudio y el diseño para la remodelación de las instalaciones eléctricas de la Unidad Educativa “Manuela Cañizares” situación que permitirá mejorar la calidad de educación de la institución.

### **Objetivos Específicos:**

Realizar el estudio del estado actual de las instalaciones Eléctricas de la Unidad Educativa Experimental “Manuela Cañizares”.

Realizar el estudio de factibilidad para el mejoramiento de las Instalaciones Eléctricas.

Rediseñar las instalaciones eléctricas

Diseñar un grupo de emergencia adecuado para el sistema.

Realizar el diseño del cableado estructurado.

**Alcance:**

Realizar el levantamiento completo de las instalaciones eléctricas de los edificios que conforman la Unidad Educativa “Manuela Cañizares”.

Realizar una descripción detallada de los problemas actuales de las instalaciones.

Realizar la identificación de cada circuito y sus derivaciones de las instalaciones.

Analizar la carga por acometida y por circuito.

Realizar el estudio de factibilidad para obtener la mejor alternativa para la solución de los problemas eléctricos de las instalaciones.

Realizar el nuevo diseño de las instalaciones eléctricas en base a las normas de la Empresa Eléctrica Quito S.A.

Diseñar la cámara de transformación.

Diseñar un grupo de emergencia para las instalaciones en base a normas de medio ambiente y ecología.

Realizar el diseño de cableado estructurado para sistematizar las comunicaciones dentro del plantel educativo

Presentar una lista de materiales completa.

Realizar un presupuesto del costo de la remodelación de las instalaciones eléctricas de la institución.

### **Justificación del Proyecto**

La Unidad Educativa Experimental “Manuela Cañizares” buscando el mejoramiento en la calidad de la educación requiere de instalaciones eléctricas modernas y sistemáticas que permitan a sus alumnos y cuerpo docente realizar sus actividades diarias de manera confortable. Además por el deterioro de sus instalaciones eléctricas actuales las autoridades del plantel temen a que ocurran accidentes.

Al no contar con un transformador propio el sistema eléctrico del plantel está provisto de diferentes acometidas a su alrededor lo cual provoca la distribución de varios contadores de energía y no se tiene un solo registro y control efectivo del consumo de energía eléctrica.

La infraestructura de la Unidad Educativa Experimental “Manuela Cañizares” no cuenta con una iluminación adecuada ni con puntos de tomacorrientes en muchas de sus aulas y laboratorios.

El cableado interno de las instalaciones se encuentra a la intemperie, muchos de sus conductores, tableros eléctricos e Interruptores termo magnéticos ya han cumplido su vida útil.

Debido al deterioro de las instalaciones eléctricas existen perdidas innecesarias, las que se evitarán con la implementación de un nuevo sistema.

## PRESENTACIÓN

El presente trabajo analiza de forma detallada los problemas eléctricos que presentan la Unidad Educativa “Manuela Cañizares” y la solución de los mismos además de incluir los requerimientos necesarios para cumplir sus actividades educativas.

Dentro de las alternativas para mejorar las instalaciones eléctricas el rediseño resultó la opción más factible para esta institución, además de la inclusión de una red de cableado estructurado necesario la cual carece actualmente, también de un sistema de emergencia que abastezca de energía al plantel en caso de ausencia de la misma.

**En el Capítulo 1, GENERALIDADES,** presenta una breve descripción de la historia del plantel de la que recalamos su rol protagónico dentro de la ciudad de Quito, ubicación y justificación de la necesidad de realización de este proyecto.

**En el Capítulo 2, ESTUDIO DE LAS INSTALACIONES ELECTRICAS EN ESTADO ACTUAL DEL SISTEMA,** presenta detalladamente el estado actual de las instalaciones eléctricas y un desglose detallado de todos los problemas que conlleva poseer un sistema eléctrico de hace más de 50 años de antigüedad y riesgos para su alumnado, además de la identificación de cada una de las acometidas eléctricas que sirven para dotar de energía a la unidad Educativa.

**En el capítulo 3, ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS INSTALACIONES ELECTRICAS EN RELACION A LOS PROBLEMAS ACTUALES,** propone un análisis técnico, económico, costo beneficio y operativo para obtener la mejor opción para solucionar los problemas eléctricos de esta institución, dentro de la cual el rediseño de las instalaciones eléctricas resulta como la solución más factible y con ello desarrollar todo el proyecto en base a estas consideraciones.

**En el capítulo 4, REDISEÑO DE LAS INSTALACIONES ELECTRICAS,** se desarrollan todos los cálculos para rediseñar todas las instalaciones de este plantel educativo. Como primer paso se realiza el diseño de iluminación mediante el uso del programa Dialux que realiza la distribución adecuada de las luminarias proporcionando datos como eficiencia energética y otros; además, se diseñan circuitos de tomacorrientes.

Se diseñan las protecciones de los circuitos, caídas de voltaje y cálculo de la demanda para el dimensionamiento del transformador así como puesta a tierra y medición indirecta para todo el Colegio.

**En el capítulo 5, DISEÑO DEL GRUPO DE EMERGENCIA,** presenta de forma detallada como determinar un grupo electrógeno considerando normas y cálculos para su dimensionamiento, además de su ubicación, determinación de cargas a transferir y su control automático.

**En el capítulo 6, DISEÑO DEL CABLEADO ESTRUCTURADO,** se determina la manera más adecuada para dotar al plantel educativo de un correcto diseño de cableado estructurado y de comunicaciones que es vital para el correcto desempeño de los estudiantes y del personal docente.

**En el capítulo 7, LISTA DE MATERIALES Y PRESUPUESTO,** se presenta de forma desglosada la lista de todos los materiales y precio de los mismos realizando al final un presupuesto total de todo el proyecto.

**En el capítulo 8, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES,** se presenta las conclusiones y recomendaciones futuras durante el desarrollo de este proyecto.

# **CAPÍTULO I**

## **GENERALIDADES**

### **1.1 RESEÑA HISTÓRICA**

“El 14 de febrero de 1901, es la fecha en la que el talento de Eloy Alfaro hizo posible la fundación de esta institución que ha cumplido la misión que soñara este gran estadista. Se fundó con el nombre de Escuela Normal de Señoritas A través de los años la institución ha sufrido varias transformaciones, así es como en 1907 se cambió su nombre por el de Instituto Normal, en 1910, adoptó la identidad de Colegio “Manuela Cañizares”.

En el año 1968, mediante resolución ministerial No. 1068, de fecha 14 de agosto, se declaró Colegio Normal Experimental “Manuela Cañizares” en mérito a su trabajo.

En 1975 cuando el Colegio cumplía sus Bodas de Diamante, la Dictadura Militar dispuso la transformación de los Colegios Normales en Colegios de Bachillerato en Humanidades Modernas, y el tradicional plantel formado de maestras, se constituyó en educador de bachilleres con la nominación de Colegio “Manuela Cañizares”.

En la presidencia del Abogado Jaime Roldós Aguilera, el plantel retomó la formación de maestras y el 19 de marzo de 1981 se expidió el acuerdo ministerial que hizo realidad la restitución del plantel destinado como antes a formar educadoras, siendo el Ministro de Educación y Cultura Dr. Galo García Feraud, de esta manera se constituyó en Colegio y Normal Superior “Manuela Cañizares”, su misión: preparar maestras pre – primarias y primarias como también Bachilleres de Humanidades Moderas.

El 7 de marzo de 1986 siendo la rectora la Dra. María Luisa Salazar de Feliz por resolución ministerial, el colegio inició la formación especializada de maestras parvularios y maestras primarias tituladas, su denominación cambió a Colegio e Institución Normal “Manuela Cañizares”.

En agosto de 1991, por resolución ministerial, el plantel cambió su modalidad a Unidad Educativa Experimental “Manuela Cañizares”, y para responder a su nueva naturaleza, elaboró un proyecto de experimentación con miras a la formación integral de la juventud, lo cual implicó cambios curriculares, programáticos y de organización. Un nuevo modelo educativo entró en vigencia en el año lectivo 1994 – 1995 con la siguiente estructura: Jardín de Infantes, Escuela completa, Colegio de Bachillerato con las especialidades de: Físico – Matemático, Químico – Biólogo, Ciencias Sociales en Ciencias.

Para celebrar los 100 años de fundación del Plantel, actos relevantes fueron realizados, entre ellos la publicación del libro “Manuela Cañizares” 100 años de Educación Laica, Emisión del sello postal, Feria Inter-escolar de Ciencias, todos estos actos quisieron llegar a la comunidad local y nacional un mensaje de la obra en el beneficio de la educación del país. El Gobierno Nacional, Ministerio de Educación, Secretaria de Cultura, Consejo Provincial, Distrito Metropolitano del Municipio de Quito, Congreso Nacional, Unión Nacional de Educadores entregaron condecoraciones diplomas y acuerdos a la institución. El Distrito Metropolitano de Quito declaró al Edificio del plantel como “Bien patrimonial relevante de la Nación”

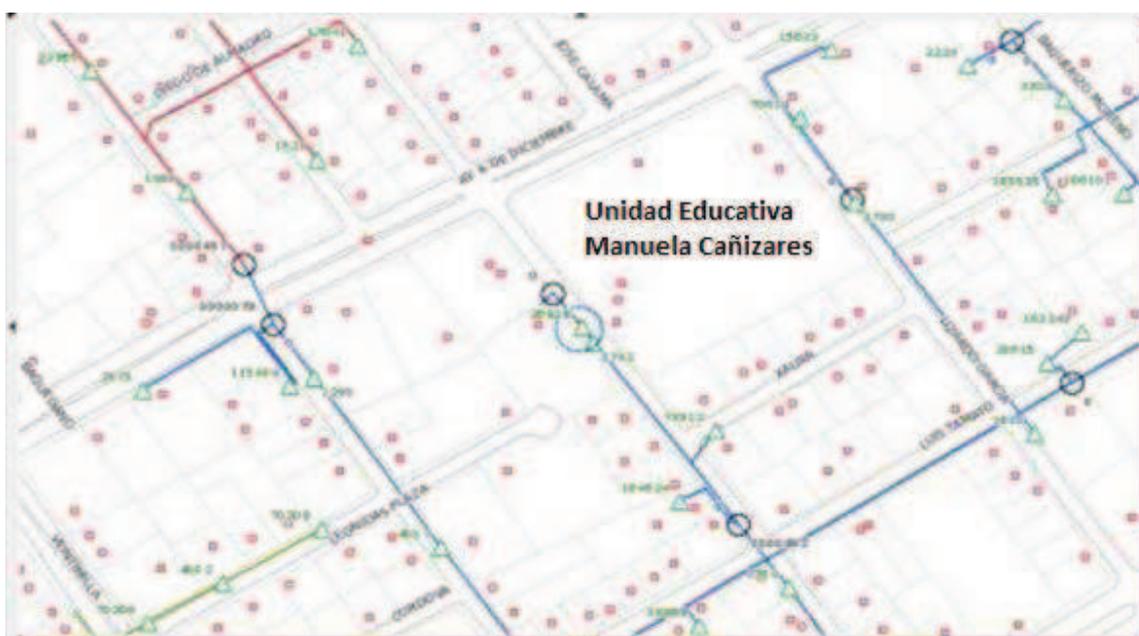
En el mes de marzo de 2008 la Unidad Educativa Experimental asume el reto de ser colegio del mundo B.I. pues es certificado por este organismo internacional para que pueda impartir una educación con miras a obtener el diploma. El año 2011 se tuvo la primera promoción de estudiantes bachilleres en Ciencias con Diploma.

Desde el mes de Enero de 2010 asume el rectorado la Dra. Martha Lozano Heredia MSc. la misma que se encuentra propiciando la elaboración de un Proyecto Educativo Institucional y un Proyecto Educativo Experimental para que inicie desde el año lectivo 2010-2011 hasta el año lectivo 2016-2017” *Referencia [1]*

## **1.2 JUSTIFICACION**

En la figura 1.1 se muestra las acometidas con que la Empresa Eléctrica Quito S.A. abastece de energía eléctrica a la Unidad Educativa Experimental “Manuela Cañizares” (U.E.E.M.C.), y en ella se puede notar el desarrollo caótico y soluciones

nada técnicas que se han implantado para suplir las necesidades y requerimientos de energía eléctrica que han surgido en las distintas épocas de vida institucional de este prestigioso plantel educativo.



**Figura 1.1.** Red que alimenta a la Unidad Educativa “Manuela Cañizares”

Sobre la base del Proyecto Educativo Experimental mencionado y debido a las múltiples necesidades que presenta el plantel educativo, entre ellas la de contar con un adecuado sistema eléctrico que brinde seguridad, confiabilidad, flexibilidad y enmarcado en los requerimientos técnicos que las normas nacionales e internacionales exigen y para cumplir eficientemente con la labor de educar, es imperante renovar las instalaciones eléctricas las mismas que tienen más de 60 años de antigüedad y que fueron diseñadas para la necesidad de esa época y que en este momento ocasionan gran malestar por la falta de continuidad del servicio eléctrico o confiabilidad, sin posibilidades de expansión futura y ser un foco latente de peligro para quienes utilizan estas instalaciones. Los requerimientos actuales se encuentran muy distantes de los originales debido al gran avance tecnológico, es por este motivo

que las autoridades de este plantel educativo solicitan un estudio y diseño de nuevas instalaciones y luego la ejecución de este proyecto, con la finalidad de suplir las necesidades antes mencionadas y con ello asegurar una educación con equipos adecuados y acorde con la tecnología moderna.

Con la finalidad de estar a la par con el desarrollo tecnológico, mejorar el estatus educacional y conservar la tradición impuesta hace más de 100 años, es de suma importancia el desarrollo de este proyecto y así llevar a la institución educativa a estándares internacionales.

Siendo una institución de gran nombre y prestigio para la comunidad Quiteña el siguiente proyecto está encaminado en brindar un aporte a la sociedad actual y a las futuras generaciones que se educarán en el establecimiento.

Teniendo como base este proyecto se puede empezar a mejorar las Unidades Educativas que llevan décadas sirviendo a la comunidad como centros de alta enseñanza educativa pero por falta de recursos gubernamentales han quedado en el abandono y se han deteriorado con el paso del tiempo.

Siendo las instalaciones eléctricas un punto clave para la calidad y seguridad de la enseñanza en cualquier plantel educativo urge una revisión completa de las mismas en todos los planteles Educativos de la Capital.

## **CAPÍTULO II**

### **ESTUDIO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN ESTADO ACTUAL DEL SISTEMA.**

#### **2.1 LEVANTAMIENTO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS ACTUALES**

Durante el levantamiento que se realizó al edificio ubicado entre la Av. 6 de Diciembre y Mariscal Foch se obtuvieron los siguientes datos:

- El abastecimiento de energía eléctrica para los edificios de la Unidad Educativa Experimental “Manuela Cañizares” y del Colegio “María Angélica Idrobo” se lo realiza mediante diez (10) acometidas con sus respectivos contadores de Energía distribuidas por todo el edificio.
- Los contadores de energía 1, 2 y 3 miden el consumo eléctrico de las acometidas conectadas al transformador ubicado en la calle Mariscal Foch;
- Los contadores de energía 4 y 5 contabilizan la energía de las acometidas conectadas al transformador ubicado en la calle Lizardo García;
- El contador de energía 6 está conectado directamente de la red de distribución de la Av. 6 de Diciembre;
- Los contadores de energía 7, 8, 9 están instalados a la acometida de la red de distribución de bajo voltaje de la calle Lizardo García;
- El contador de energía 10 está conectado a la acometida en bajo voltaje de la red de distribución de la Av. 6 de Diciembre.

El levantamiento completo de las instalaciones eléctricas se encuentra en los planos 3.1, 3.2, 3.3 y 3.4 del **Anexo 3**

##### **2.1.1 DESCRIPCIÓN DE LOS CONTADORES DE ENERGÍA**

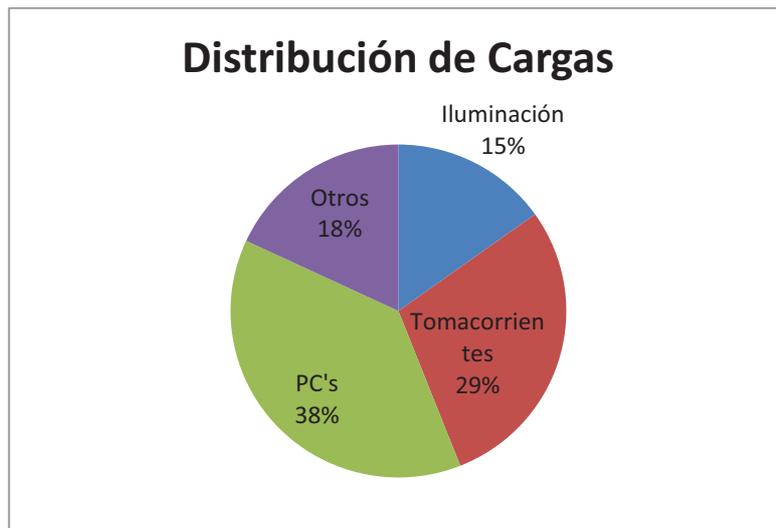
La descripción detallada de todos los contadores de Energía se muestra en el cuadro 2.1

CONTADOR DE ENERGÍA	MEDIDOR Nº	SUMINISTRO/REGISTRADO A	Ubicación	Estado actual
M1	388175-CON-AT	814-3 / U.E.E.M.C.	Av. 6 de diciembre N24 176 PB N24B Mariscal Foch	Bueno
M2	208748-HEX-AT	814-3 / U.E.E.M.C.	Mariscal Foch N24 S/N PB Av. 6 de Diciembre	Bueno
M3	30828-ISK-AT	815-7 / U.E.E.M.C.	Mariscal Foch N24 S/N PB Av. 6 de Diciembre	Regular
M4	66890-HOL-AT	1269384-2 / C.E.A.M.I.	Av. 6 de Diciembre N24 176 PB N24D Lizardo García	Bueno
M5	16826-LAN-AT	808-3 / C.E.A.M.I	Av. 6 de Diciembre N24 176 PB N24D Lizardo García	Bueno
M6	75002530	1008-6 / U.E.E.M.C.	Av. 6 de Diciembre N24 176 PB N24 José Calama La Mariscal	Bueno
M7	21061115-Con-AT	361996-/ U.E.E.M.C.	Av. 6 de Diciembre N24 176 PB N24 Lizardo García	Bueno
M8	75002228	880206-/ U.E.E.M.C.	Av. 6 de Diciembre N24 176 PB N24 Lizardo García	Bueno
M9	218950-HEX-AB	1280466-/ U.E.E.M.C.	Av 6 de Diciembre N24 176 PB N24 Lizardo García	Bueno
M10	189632-KRI-AT	1015-0 / U.E.E.M.C.	Av 6 de Diciembre N2421 PB Col J Pinto y Wilson	Bueno

Cuadro 2.1 Descripción de los contadores de Energía

### 2.1.2 CARGA ELÉCTRICA

En el levantamiento se procede a identificar las siguientes cargas: iluminación 15%, datos y computadores 38%, tomacorrientes 29% y otros como televisores, radios, impresoras, cafeteras, copadoras, congeladores 18%, como se muestra en la figura 2.1.



**Figura 2.1** Distribución de las cargas en el Edificio

#### 2.1.2.1 Iluminación

En los edificios se constata 2 tipos de iluminación, una de focos ahorradores de 20W principalmente en las aulas unitarias y en el edificio Raúl López, y lámparas fluorescentes en el edificio principal de 2x40W; los planos de iluminación actual de la Edificación se encuentran en los planos 3.1, 3.2 y 3.3 del Anexo 3. En las figuras 2.2, 2.3 y 2.4 se muestran lo descrito. El levantamiento completo de luminarias se encuentra en los planos 3.1, 3.2, 3.3 y 3.4 del **Anexo 3**.



**Figuras 2.2. 2.3. 2.4.** Ejemplos de iluminación en el edificio

El cuadro 2.2 resume la cantidad de luminarias existentes.

TIPO DE LAMPARAS	NUMERO DE LAMPARAS
Lámparas fluorescentes 2x40 W	501
Lámparas ahorradoras 20 W	399

**Cuadro 2.2 Total de lámparas actualmente instaladas**

El estado actual de la iluminación del Edificio es muy deplorable, consta de iluminarias fluorescentes 2x40 w ineficientes y muchas de ellas rotas o sin funcionar, y de focos ahorradores distribuidos en el plantel, muchos de ellos permanecen encendidos las 24 horas del día o están ubicados casi juntos provocando un gran perjuicio económico a la institución; la luz natural que entra especialmente en el edificio principal es mal aprovechada.

#### 2.1.2.2 Fuerza

En las instalaciones eléctricas del edificio, la carga total de tomacorrientes es de aproximadamente 29%, distribuida en 611 tomacorrientes dobles a 120 V; su estado actual es bueno. Algunos circuitos de tomacorrientes están sobrecargados y no todas las áreas de trabajo cuentan con suficientes tomacorrientes para el uso del personal docente y estudiantil. La figura 2.5 detalla lo descrito.



**Figura 2.5.** Ejemplos de tomacorrientes en el edificio

El levantamiento de tomacorrientes se encuentra en el los planos 3.1, 3.2, 3.3 y 3.4 del **Anexo 3**

### **2.1.2.3 Computadores Datos y Comunicaciones**

La unidad Educativa Experimental “Manuela Cañizares” conjuntamente con el Colegio “María Angélica Idrobo” tiene un muy buen equipamiento computacional y una mini red de comunicación y datos. En total el Edificio trabajo con 241 Computadoras de Escritorio con monitores ineficientes. Esta carga es muy representativa siendo del 38 % del total de la carga del Edificio.

### **2.1.2.4 Otros**

En el edificio se encuentran muchos equipos eléctricos como televisores, ventiladores, radios, cafeteras, copiadoras, microondas, impresoras, proyectores, neveras, cuya carga sumada es del 18%. Estos aparatos eléctricos son ineficientes y viejos.

### **2.1.2.5. Comportamiento de la Carga**

Mediante un analizador industrial de la Empresa Eléctrica Quito S.A. instalado en todas las acometidas de la institución se registraron los siguientes datos:

#### **a. Carga diaria**

En la figura 2.6 se puede observar cómo se comporta la carga en un día normal de actividades de la Unidad Educativa “Manuela Cañizares”, notándose que a las 4H: 45 se registra el menor valor de carga (0,1818 kW), mientras que a las 8H:00 se tiene la máxima carga de 5,0922 kW. La carga es muy variable durante las 7H:45 y las 20H:15 donde se registra un valor de 3,5208 kW, y al 21H:15 decae bruscamente a 0,675 kW. Lo anterior demuestra que la carga, varía en función de las actividades académicas.



Figura 2.6 Curva de Carga Diaria

#### b. Curva de Potencia

Se tomaron datos de potencia para una semana de la acometida con mayor carga y se colige de los datos obtenidos que las fases están desequilibradas. Siendo la fase 2 la más cargada, mientras que la fase 3 es que la menos carga tiene. La figura 2.7 muestra lo indicado.

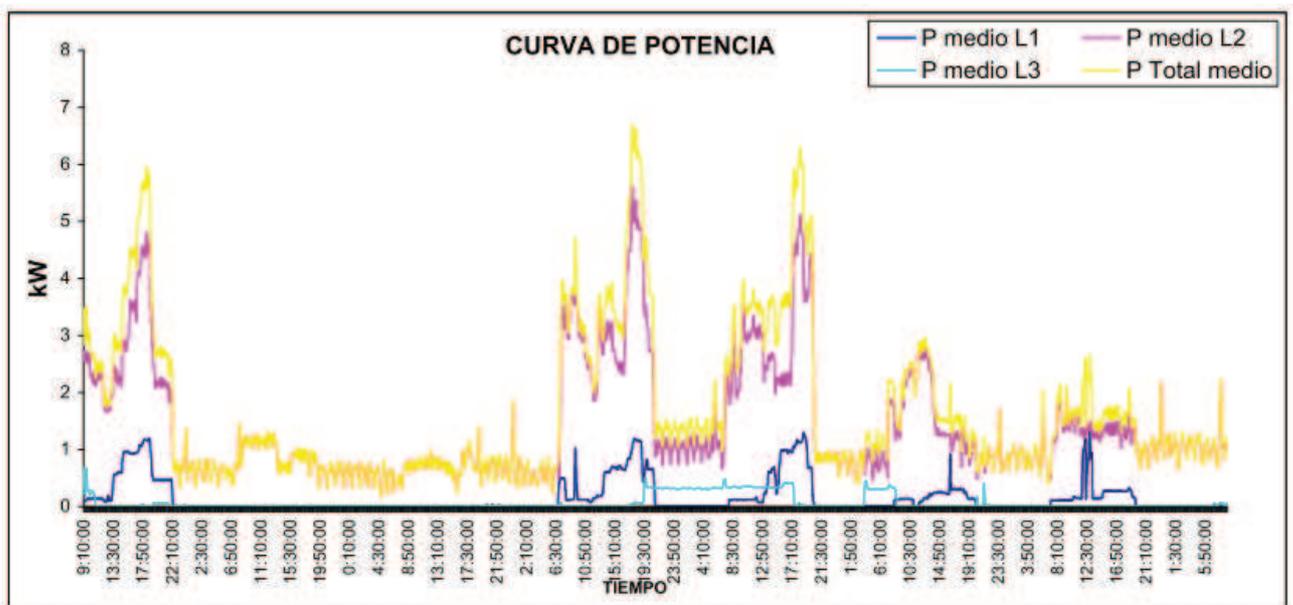
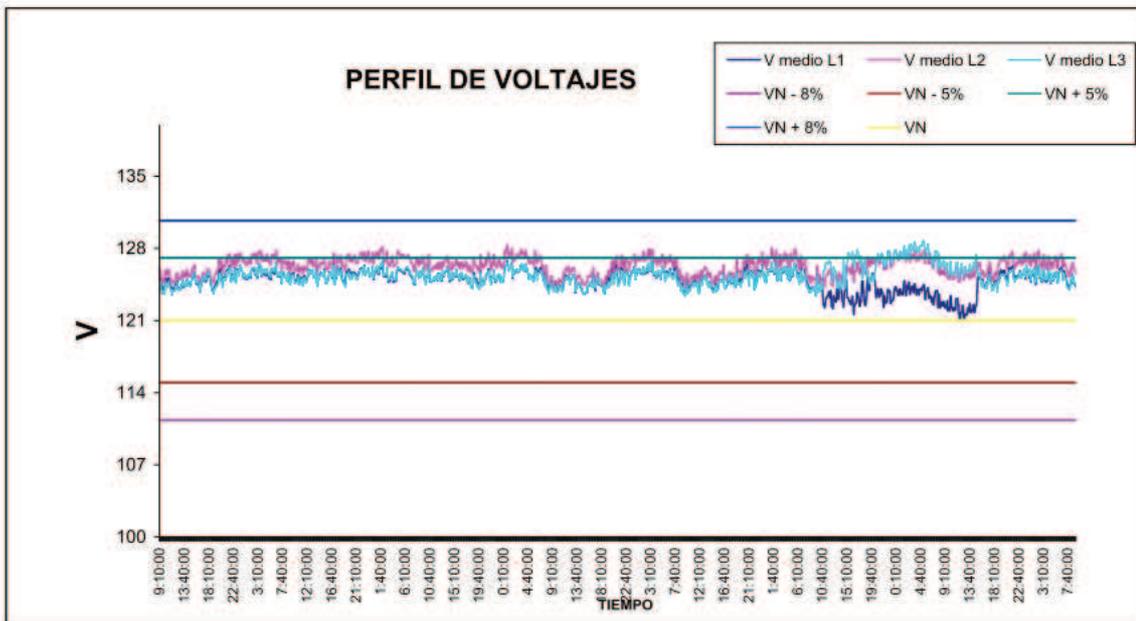


Figura 2.7 Curva de Potencia Semanal

### c. Perfil de voltajes

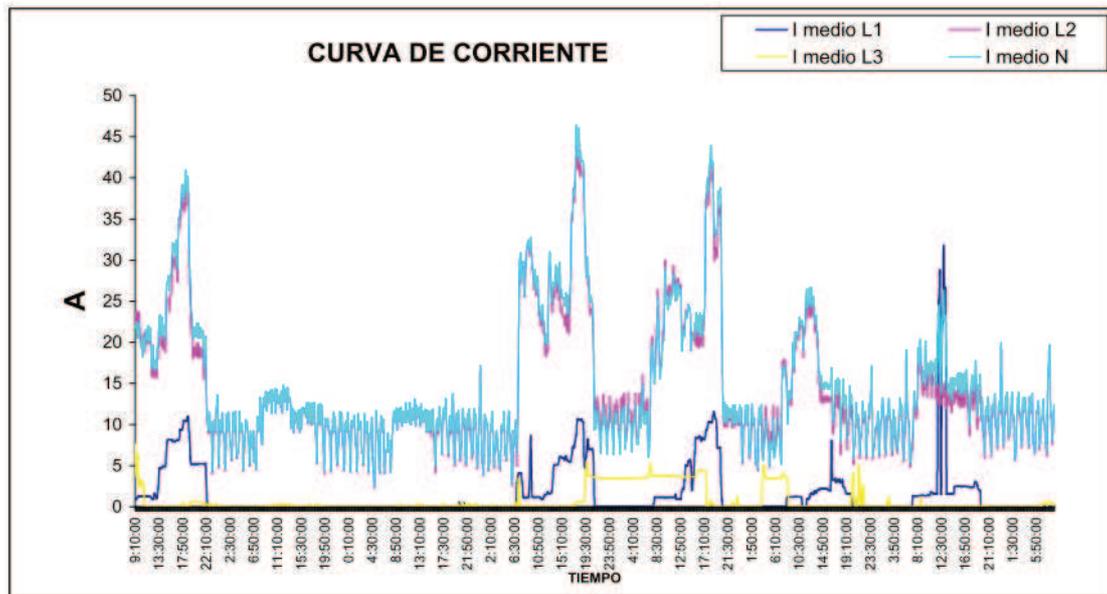
En la Figura 2.8 se puede observar las variaciones de voltaje en el tiempo, llegando a un valor de aproximadamente 128 V, que es 5% sobre el valor nominal.



**Figura 2.8** Perfil de Voltajes

### d. Curva de corriente

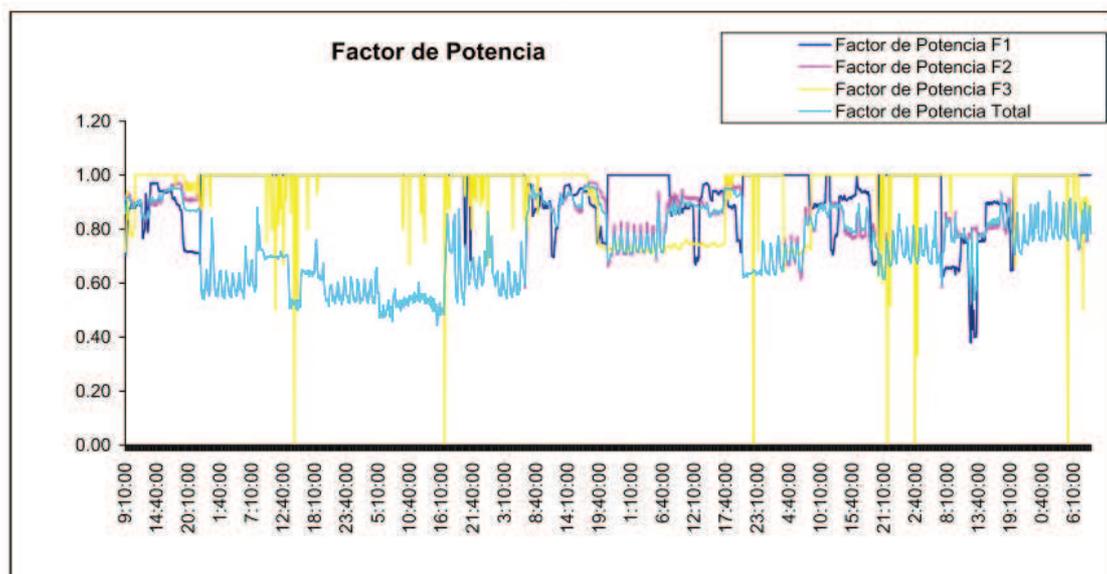
En la figura 2. 9 se indica la corriente en cada una de las fases, notándose un desequilibrio en las mismas que demanda una acción inmediata para corregir esta operación de la instalación eléctrica bajo análisis. Los valores de corriente máximos son de 32 A en la fase 1, de 43 A en la fase 2, de 7,5 A en la fase 3 y 45 A en el neutro.



**Figura 2.9** Curva de Corriente

**e. Factor de potencia**

En la figura 2.10 se puede observar las curvas de factor de potencia en cada fase así como el factor de potencia de la instalación.

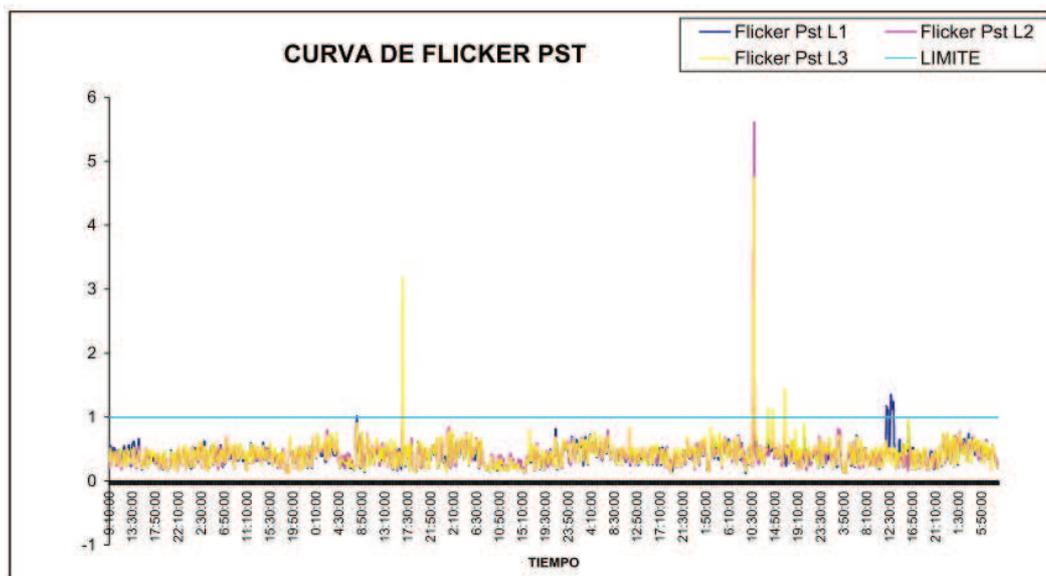


**Figura 2.10** Factor de Potencia

El factor de potencia por fase y total del sistema están fuera de rango permitido por las regulaciones tanto de la E.E.Q.S.A, como del CONELEC.

#### f. Curva de flicker

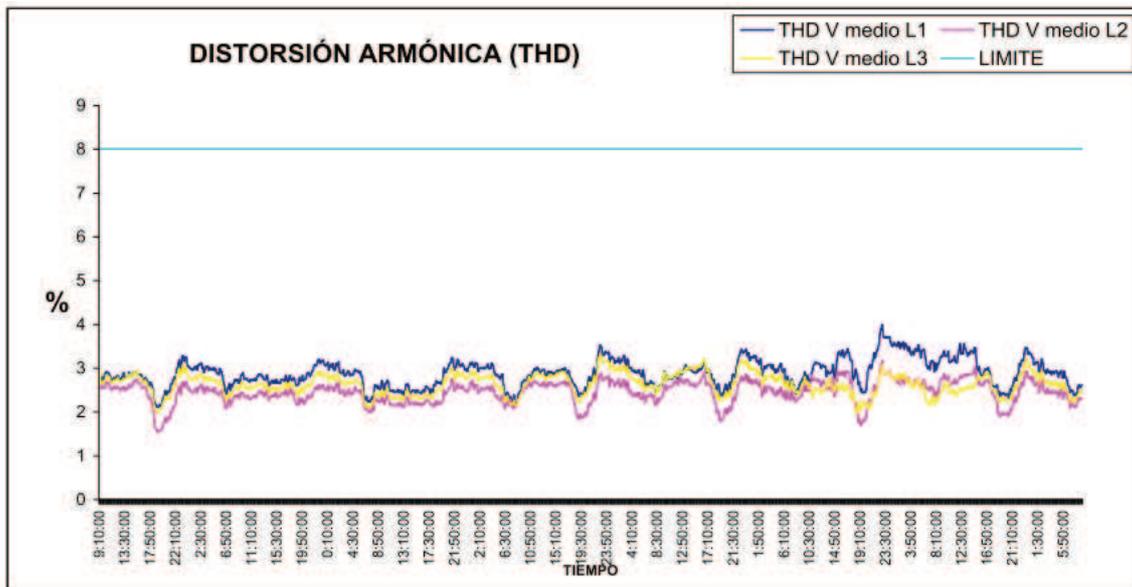
En la figura 2.11 se observa la curva de Flicker, y en este caso superan por instantes de tiempo los límites permitidos.



**Figura 2.11** Curva de Flickers

#### g. Distorsión armónica

En la figura 2.12 se puede observar la distorsión armónica que se presenta en las instalaciones eléctricas de la Unidad Educativa “Manuela Cañizares”. Esta distorsión no supera el límite permitido en las regulaciones del CONELEC y de las normas internacionales.



**Figura2.12** Distorsión Armónica (THD)

### 2.1.3 LEVANTAMIENTO DE LA CARGA POR EDIFICIOS

La Unidad Educativa Experimental “MANUELA CAÑIZARES” y el Colegio “María Angélica Idrobo” funcionan en varios edificios localizados en el predio de las calles 6 de Diciembre, Lizardo García, Mariscal Foch , José Calama, Pinto y Wilson.

Los mencionados edificios por facilidad de reconocimiento y como se los conoce comúnmente en la U.E.E.M.C son:

- Edificio Principal
- Edificio Raúl López
- Edificio o Bloque Nuevo

#### 2.1.3.1 Edificio Principal

El edificio principal de la Unidad Educativa “Manuela Cañizares” se encuentra alimentado por las acometidas en las que están conectados los contadores de energía 4, 5, 6, 7, 8, 9 y distribuidos en la parte Norte de edificio como se muestra en los planos del levantamiento (anexos). Tiene 31 sub-tableros de distribución

por todo el edificio, 18 en la planta baja, 11 en el primer piso y 2 en el Segundo piso del edificio principal.

La carga de iluminación y fuerza del Edificio Principal se resume en el cuadro 2.3

Edificio Principal	Iluminación		Tomacorrientes
	Luminaria fluorescente 2x40 W	Lámpara ahorradora 20 W	
Planta Baja	88	89	137
Primera planta	90	81	151
Segunda planta	225	0	50
<b>Total</b>	<b>403</b>	<b>170</b>	<b>338</b>
<b>Potencia (W)</b>	<b>32240</b>	<b>3400</b>	<b>50700</b>
<b>Potencia Total (W)</b>	<b>86340</b>		

**Cuadro 2.3.** Carga de iluminación y fuerza del Edificio principal

La carga de Equipos Eléctricos del Edificio principal es la siguiente:

Ubicación	PCs	Otros								
		Tv/ventilador	radios/dvd	cafetera	copiadora	microondas	impresora	proyector	nevera	licuadora
Planta Baja	65	10	20	7	4	5	14	1	4	2
Primera planta	65	5	6	2		3	5	4	2	
Segunda planta	11	3	6	1			1	2		
<b>Total</b>	<b>141</b>	<b>18</b>	<b>32</b>	<b>10</b>	<b>4</b>	<b>8</b>	<b>20</b>	<b>7</b>	<b>6</b>	<b>2</b>
<b>Potencia (W)</b>	<b>70500</b>	<b>5400</b>	<b>1600</b>	<b>8000</b>	<b>3600</b>	<b>12000</b>	<b>9000</b>	<b>5250</b>	<b>2400</b>	<b>300</b>
<b>Potencia Total (W)</b>	<b>118050</b>									

**Cuadro 2.4** Cargas Adicionales del Edificio Principal

### 2.1.3.2 Edificio Raúl López

El edificio Raúl López se encuentra ubicado en la parte posterior del edificio principal, es alimentado por las acometidas en las que se encuentran instalados

los medidores de Energía 1 y 2 y que se encuentran en el exterior de este edificio, consta de 11 sub-tableros de distribución.

La carga de iluminación y fuerza del Edificio Raúl López consta en el cuadro 2.5:

Edificio Raúl López	Iluminación		Tomacorrientes
	Luminaria fluorescente 2x40 W	Lámpara ahorradora 20 W	
<b>Sub Suelo</b>	25	5	58
<b>Planta Baja</b>	18	31	57
<b>Primera planta</b>	1	50	24
<b>Segunda planta</b>	1	47	27
<b>Total</b>	45	133	166
<b>Potencia (W)</b>	3600	2660	24900
<b>Potencia Total (W)</b>	31160		

**Cuadro 2.5** Carga de iluminación y fuerza del Ed. Raúl López

La carga de Equipos Eléctricos del Edificio Raúl López es la Siguiete:

Ubicación	PCs	Otros			
		radios/dvd	cafetera	impresora	proyector
<b>Sub Suelo</b>	25				
<b>Planta Baja</b>	34		1	1	
<b>Primera planta</b>	1		1	1	1
<b>Segunda planta</b>	1	1		1	
<b>Total</b>	61	1	2	3	1
<b>Potencia (W)</b>	30500	50	1600	1350	750
<b>Potencia Total (W)</b>	34250				

**Cuadro 2.6.** Cargas Adicionales del Ed. Raúl López

### 2.1.3.3 Edificio Bloque Nuevo

El bloque nuevo se encuentra alimentado por la acometida del contador de Energía 8, tiene 6 sub-tableros de distribución, 3 en la planta baja y 3 en la planta alta.

La carga de iluminación y fuerza del Edificio o Bloque Nuevo es la siguiente:

Bloque Nuevo	Iluminación		Tomacorrientes
	Luminaria fluorescente 2x40 W	Lámpara ahorradora 20W	
Planta Baja	20	22	37
Primera alta	0	53	43
<b>Total</b>	20	75	80
<b>Potencia (W)</b>	1600	1500	12000
<b>Potencia Total (W)</b>	<b>15100</b>		

**Cuadro 2.7** Carga de iluminación y fuerza del Bloque Nuevo

La carga de Equipos Eléctricos del Bloque Nuevo es la siguiente:

Bloque Nuevo	PCs	Otros				
		radios/dvd	copiadora	Impresora	proyector	Amplificador
Planta Baja	17		1	3	1	
Planta Alta	20	1		3		
<b>Total</b>	37	1	1	6	1	1
<b>Potencia (W)</b>	18500	50	900	2700	750	1200
<b>Potencia Total (W)</b>	<b>24100</b>					

**Cuadro 2.8** Cargas Adicionales del Bloque Nuevo

#### 2.1.3.4 Aulas Unitarias y Auditorio

Las aulas unitarias y el auditorio se encuentran alimentadas por los contadores de energía 1, 2 y 3 y tiene 4 tableros de distribución en las aulas unitarias.

La carga de iluminación y fuerza de las aulas unitarias y el auditorio es la Siguiente:

UBICACION	Iluminación		Tomas
	Luminaria fluorescente 2x40 W	Lámpara ahorradora 20 W	
<b>Aulas Unitarias</b>	21	21	13
<b>Auditorio</b>	12	0	14
<b>Total</b>	33	21	27
<b>Potencia (W)</b>	2640	420	4050
<b>Potencia Total (W)</b>			<b>7110</b>

**Cuadro 2.9** Carga de iluminación y fuerza de Aulas Unitarias y Auditorio

La carga de Equipos Eléctricos del Bloque Nuevo es la Siguiete:

A. Unitarias y Auditorio	PCs	Otros		
		Tv/ventilador	radios/dvd	impresora
<b>A. Unitarias y Auditorio</b>	2	1	1	1
<b>Total</b>	2	1	1	1
<b>Potencia (W)</b>	1000	50	50	450
<b>Potencia Total (W)</b>	<b>1550</b>			

**Cuadro 2.10** Cargas Adicionales de Aulas Unitarias y Auditorio

La mayor carga en la Unidad Educativa “Manuela Cañizares” es electrónica, como computadores e impresoras además de una carga ineficiente de iluminación.

Los balastos electrónicos de 40W tienen un bajo factor de potencia y aportan a perturbaciones en el sistema eléctrico del establecimiento.

La carga total del edificio se representa en el cuadro 2.11

UBICACION	Iluminación		Tomas	PCs	Otros									
	Luminaria fluorescente 2x40W	Lámpara ahorradora 20W			Tv/ventilador	radios/dvd	cafetera	copiadora	microondas	impresora	proyector	nevera	licuadora	Amplificador
Planta Baja	88	89	137	65	10	20	7	4	5	14	1	4	2	
Primera planta	90	81	151	65	5	6	2		3	5	4	2		
Segunda planta	225	0	50	11	3	6	1			1	2			
Ed. Raúl López	45	133	166	61		1	2			3	1			
Bloc. Nuevo	20	75	80	37		1		1		6	1			1
A. Unitarias y Auditorio	33	21	27	2	1	1				1				
Total	501	399	611	241	18	35	12	5	8	30	9	6	2	1
Potencia Unitaria	80	20	150	500	300	50	800	900	1500	450	750	400	150	1200
Total	40080	7980	91650	120500	5400	1750	9600	4500	12000	13500	6750	2400	300	1200
<b>Carga Total (W)</b>														<b>317610</b>

Cuadro 2.11. Cuadro General Cargas del Edificio

El levantamiento total de las instalaciones eléctricas se encuentran detallados en el los planos 3.1, 3.2, 3.3 y 3.4 del **Anexo 3**

## 2.2 IDENTIFICACIÓN DE CIRCUITOS DE LAS INSTALACIONES

El diagrama de circuitos se encuentra en los planos 3.1, 3.2, 3.3 y 3.4 del **Anexo 3**

### 2.2.1 DESCRIPCIÓN POR ACOMETIDAS DEL EDIFICIO

Existen 10 contadores de energía, los cuales se encuentran con suministro eléctrico proveniente de los alrededores del plantel educativo como se indica en el cuadro 2.12.

Contador de Energía	Lugares a los cuales abastece de suministro eléctrico
M1	Ed. Raúl López, laboratorio Química y Física de la Unidad Educativa “Manuela Cañizares”.
M2	Aulas unitarias, Laboratorio de computación, Mimeógrafo y laboratorio de Química del Colegio “María Angélica Idrobo”.
M3	Baños, Taller, Auditorio, laboratorio de Biología de la Unidad Educativa “Manuela Cañizares”
M4	Planta baja y primer piso del edificio principal.
M5	Área administrativa del Colegio “María Angélica Idrobo” y los servicios médicos.
M6	Plata baja y primer piso, departamento Médico y administrativa de la Unidad Educativa “Manuela Cañizares”
M7	Bar, Laboratorio Biología de Educativa “Manuela Cañizares” y la cocina.
M8	Tercer piso del Edificio principal y Bloque nuevo.
M9	Laboratorio de computación de Educativa “Manuela Cañizares”.
M10	Bloque adicional que se encuentra en el exterior del campus educativo al igual que todas sus instalaciones.

**Cuadro 2.12** Contadores de Energía

### 2.2.2 DESCRIPCIÓN DE CIRCUITOS POR PLANTAS DE EDIFICIOS

Los Cuadros 2.13, 2.14, 2.15, 2.16, 2.17 y 2.18 resumen la distribución en bajo voltaje, considerando los edificios, contador de energía, tablero principal, tablero secundario y descripción del servicio eléctrico.

UBICACIÓN	CONTADOR DE ENERGÍA	TABLERO PRINCIPAL DE DISTRIBUCIÓN	ALIMENTADOR	TABLERO SECUNDARIO	CIRCUITOS	DESCRIPCIÓN
Edificio Raúl López	M1	TP1 (7X20A)	A1	TS1 (2X20A)	C1	Tomacorrientes laboratorio de computación U.E.E.M.C
					C2	Tomacorrientes laboratorio de computación U.E.E.M.C
			A2	TS2(5X20A)	C1	Iluminación planta baja U.E.E.M.C
					C2	Iluminación planta baja U.E.E.M.C
					C3	Iluminación planta baja U.E.E.M.C
					C4	Tomacorrientes planta baja U.E.E.M.C
					C5	Tomacorrientes planta baja U.E.E.M.C
			A3	TS3 (2X20A)	C1	Tomacorrientes subsuelo U.E.E.M.C
					C2	Iluminación subsuelo U.E.E.M.C
			A4	TS4 (3X20A)	C1	Tomacorrientes primer piso U.E.E.M.C
					C2	Iluminación primer piso U.E.E.M.C
					C3	Iluminación primer piso U.E.E.M.C
			A5	TS5 (6X20A)	C1	Iluminación segundo piso M.A.I
					C2	Iluminación segundo piso.
					C3	Iluminación segundo piso.
					C4	Iluminación segundo piso.
					C5	Tomacorrientes segundo piso.
					C6	Deshabilitado
			A6	TS6 (6X20A)	C1	Iluminación laboratorio de Biología U.E.E.M.C.
					C2	Iluminación laboratorio de Biología U.E.E.M.C.
					C3	Iluminación laboratorio de Biología U.E.E.M.C.
					C4	Tomacorrientes laboratorio de Biología U.E.E.M.C.
					C5	Tomacorrientes laboratorio de Biología U.E.E.M.C.
					C6	Tomacorrientes laboratorio de Biología U.E.E.M.C.
			A7	TS7 (4X20A)	C 1	Iluminación laboratorio de Física U.E.E.M.C.
					C2	Iluminación laboratorio de Física
					C3	Tomacorrientes laboratorio de Física
					C4	Tomacorrientes laboratorio de Física.

**Cuadro 2.13** Circuitos Contador de Energía 1

UBICACIÓN	CONTADOR DE ENERGÍA	TABLERO PRINCIPAL DE DISTRIBUCIÓN	ALIMENTADOR	TABLERO SECUNDARIO	CIRCUITOS	DESCRIPCIÓN	
Edificio Raúl López	M2	TP1 (4X20A)	A1	TS1 (10X20A)	C1	Tomacorrientes laboratorio de Computación M.A.I	
					C2	Tomacorrientes laboratorio de Computación M.A.I	
					C3	Tomacorrientes laboratorio de Computación M.A.I	
					C4	Tomacorrientes laboratorio de Computación M.A.I	
					C5	Tomacorrientes laboratorio de Computación M.A.I	
					C6	Tomacorrientes laboratorio de Computación M.A.I	
					C7	Tomacorrientes laboratorio de Computación M.A.I	
					C9	Tomacorrientes laboratorio de Computación M.A.I	
					C9	Tomacorrientes laboratorio de Computación M.A.I	
					C10	Tomacorrientes laboratorio de Computación M.A.I	
		A2	TS2 (5x20A)	C1	Tomacorrientes laboratorio de Computación M.A.I		
				C2	Tomacorrientes laboratorio de Computación M.A.I		
				C3	Tomacorrientes Computación		
				C4	Tomacorrientes laboratorio de Computación M.A.I		
				C5	Tomacorrientes laboratorio de Computación M.A.I		
		A3*	TS3 (2X20A)	C1	Iluminación mimeógrafo.		
				C2	Tomacorrientes mimeógrafo.		
		A4*	TS4 (2X20A)	C1	Iluminación laboratorio de Química M.A.I.		
				C2	Tomacorrientes laboratorio de Química M.A.I.		
		TP2 (2x20A)	A1*	TS5 (4x20A)	C1	Iluminación aulas unitarias.	
					C2	Iluminación aulas unitarias.	
					C3	Tomacorrientes aulas unitarias.	
					C4	Iluminación aulas unitarias.	
		A2*	Reflectores del patio principal				

Cuadro 2.14 Circuitos Contador de Energía 2

UBICACIÓN	CONTADOR DE ENERGÍA	TABLERO PRINCIPAL DE DISTRIBUCIÓN	ALIMENTADOR	TABLERO SECUNDARIO	CIRCUITOS	DESCRIPCIÓN
Edificio Principal	M3	TP1 (2x20A)	A1	TS1 (12x20A)	C1,C2,C3,C4,C5,C6 ,C7,C8,C9,C10,C11 ,C12	Iluminación y tomacorrientes Taller de Carpintería
			A2	TS2 (2x20A)	C1	Iluminación Laboratorio de Biología.
					C2	Tomacorrientes laboratorio de Biología.
	M4	TP1(1x20A, 3x30A, 2x40A, 1x50A)	A1	TS1(6x20A)	C1	Iluminación Secretaría
					C2,C3,C4,C5,C6	Tomacorrientes laboratorio de Computo M.A.I.
			A2	TS2(2x20A)	C1	Tomacorrientes y servicios adicionales en Secretaría.
					C2	
			A3	TS3(2x20A)	C1	Tomacorrientes Biblioteca M.A.I.
					C2	
			A4	TS4(1x20A, 1x30A)	C1	Tomacorrientes Biblioteca M.A.I.
					C2	
			A5	TS5(2x20A)	C1	Iluminación Odontología.
					C2	Tomacorrientes Odontología.
	A6	Sin Tablero	C1	Tomacorrientes Aula Audiovisuales.		
	A7	Sin Tablero	C2	Tomacorrientes Odontología.		
	A8	Sin Tablero	C3	Iluminación Hall segundo piso.		
	M5	TP1(2x30A, 1x40A,1x50A)	A1,A2,A3	TS1(8x20A)	C1	Iluminación Vicerrectorado.
					C2	Iluminación Rectorado y secretaria.
					C3	Tomacorrientes Colecturía
					C4	Tomacorrientes Rectorado.
C5					Tomacorrientes Vicerrectorado.	
C6					Iluminación Colecturía.	
C7					Tomacorrientes Colecturía.	
A4			Sala de reuniones de profesores del colegio M. A. I.			

Cuadro 2.15 Circuitos Contador de Energía 3, 4, 5

UBICACIÓN	CONTADOR DE ENERGÍA	TABLERO PRINCIPAL DE DISTRIBUCIÓN	ALIMENTADOR	TABLERO SECUNDARIO	CIRCUITOS	DESCRIPCIÓN
Edificio Principal	M6	TP1(5x40A)	A1	TS1(4x20A)	C1	Iluminación Hall y corredor planta baja.
					C2	
			A2	Sin Tablero	C3	Iluminación Aula de Inglés.
			A3	Sin Tablero	C4	Iluminación y tomacorrientes Colecturía.
			A4	Sin Tablero	C5	Iluminación y tomacorrientes Oficina de transporte.
		A5	Sin Tablero	C6	Iluminación y tomacorrientes Secretaría.	
		A1	Sin Tablero	C1	Vivienda Conserje.	
		TP2(3x50A)	A2	TS2(4x20A)	C2	Iluminación Corredor primer piso.
					C3	Iluminación y tomacorrientes Inspección General.
					C4	Iluminación Inspección General.
	C5				Tomacorrientes Inspección General.	
	A3		TS3(4x20A)	C1	Iluminación sala de profesores.	
	C2	Iluminación corredor derecho primer piso.				
	C3	Servicios Orientación Vocacional				
	C4					
	M7	TP1(3x50A)	A1	TS1(8x10A)	C1	Iluminación y tomacorrientes Bar y copiadora, Planta baja.
					C2	
		A2	TS2(2x10A)	C1	Iluminación y tomacorrientes Laboratorio de biología.	
C2						

Cuadro 2.16 Circuitos Contador de Energía 6 y 7

UBICACIÓN	CONTADOR DE ENERGÍA	TABLERO PRINCIPAL DE DISTRIBUCIÓN	ALIMENTADOR	TABLERO SECUNDARIO	CIRCUITOS	DESCRIPCIÓN
Edificio Principal	M8	TP1 (1x50A,2x60A)	A1	TS1(6x20A)	C1	Tomacorrientes del aula de audiovisuales U.E.E.M.C
					C2	Tomacorrientes Bachillerato internacional, 2º piso.
					C3	Iluminación del aula de audiovisuales U.E.E.M.C
					C4	Iluminación Bachillerato internacional, 2º piso.
					C5	Iluminación aulas y corredor derecho 2º piso.
					C6	Iluminación aulas y corredor izquierdo 2º piso.
		A2	TS2(6x20A)	C1, C2, C3, C4, C5.	Iluminación aulas segundo piso.	
				C6	Iluminación corredor e inspección 2º piso.	
		TP2(3x70)	A3	TS3(4x20A)	C1	Tomacorrientes Biblioteca U.E.E.M.C.
					C2	Iluminación Aula de música.
					C3	Iluminación y tomacorrientes Audiovisuales.
					C4	Iluminación Audiovisual.
			A4	TS4(2x20A)	C1, C2.	Iluminación Biblioteca.
			A5**	TS5(5x10A, 2x32A, 1x20A)	C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7, C8.	Tomacorrientes Biblioteca ,Bloque nuevo
			A6**	TS6(4x20A)	C1	Tomacorrientes Aula de Investigación, Bloque nuevo
					C2	
		C3			Iluminación Aula de Investigación, Bloque nuevo.	
		C4				
		A7**	TS7(4x20A)	C1	Tomacorrientes aulas, Bloque nuevo.	
				C2		
C3	Iluminación aulas, Bloque nuevo.					
C4						
A8	TS8(3x15A, 1x50A)	C1,C2,C3,C4	Aula virtual, Bloque nuevo.			

Cuadro 2.17 Circuitos Contador de Energía 8

UBICACIÓN	CONTADOR DE ENERGÍA	TABLERO PRINCIPAL DE DISTRIBUCIÓN	ALIMENTADOR	TABLERO SECUNDARIO	CIRCUITOS	DESCRIPCIÓN
Edificio Principal	M9	TP1(2x40A)	A1	TS1(9x20A)	C1,C2,C3,C4,C5,C6,C7,C8,C9.	Tomacorrientes del laboratorio de computación de la unidad Educativa "Manuela Cañizares"
			A2	TS2(4x20A)	C1,C2,C3	Tomacorrientes aula de mecanografía de U.E.E.M.C.
					C4	iluminación aula de mecanografía de U.E.E.M.C.
Edificio Exterior Bloque 4	M10	TP1(2x20A, 1x30A, 1x40A, 1x50A )	A1	Sin Tablero	C1	Iluminación y tomacorrientes Planta baja.
					C2	Vivienda Conserje.
					C3	Iluminación y tomacorrientes Primer piso.
					C4	Iluminación y tomacorrientes Primer piso y baños.
					C5	Baño Conserje.

**Cuadro 2.18** Circuitos Contador de Energía 9 y 10

- \* Ubicado en el Edificio Principal
- \*\* Ubicado en el edificio Bloque Nuevo

El diagrama de circuitos se encuentra detallados en los planos 3.1, 3.2, 3.3 y 3.4 del **Anexo 3**

### 2.2.3 DIAGRAMA UNIFILAR DE LAS INSTALACIONES

En la figura 2.13 se muestra el diagrama unifilar de las instalaciones eléctricas actuales.

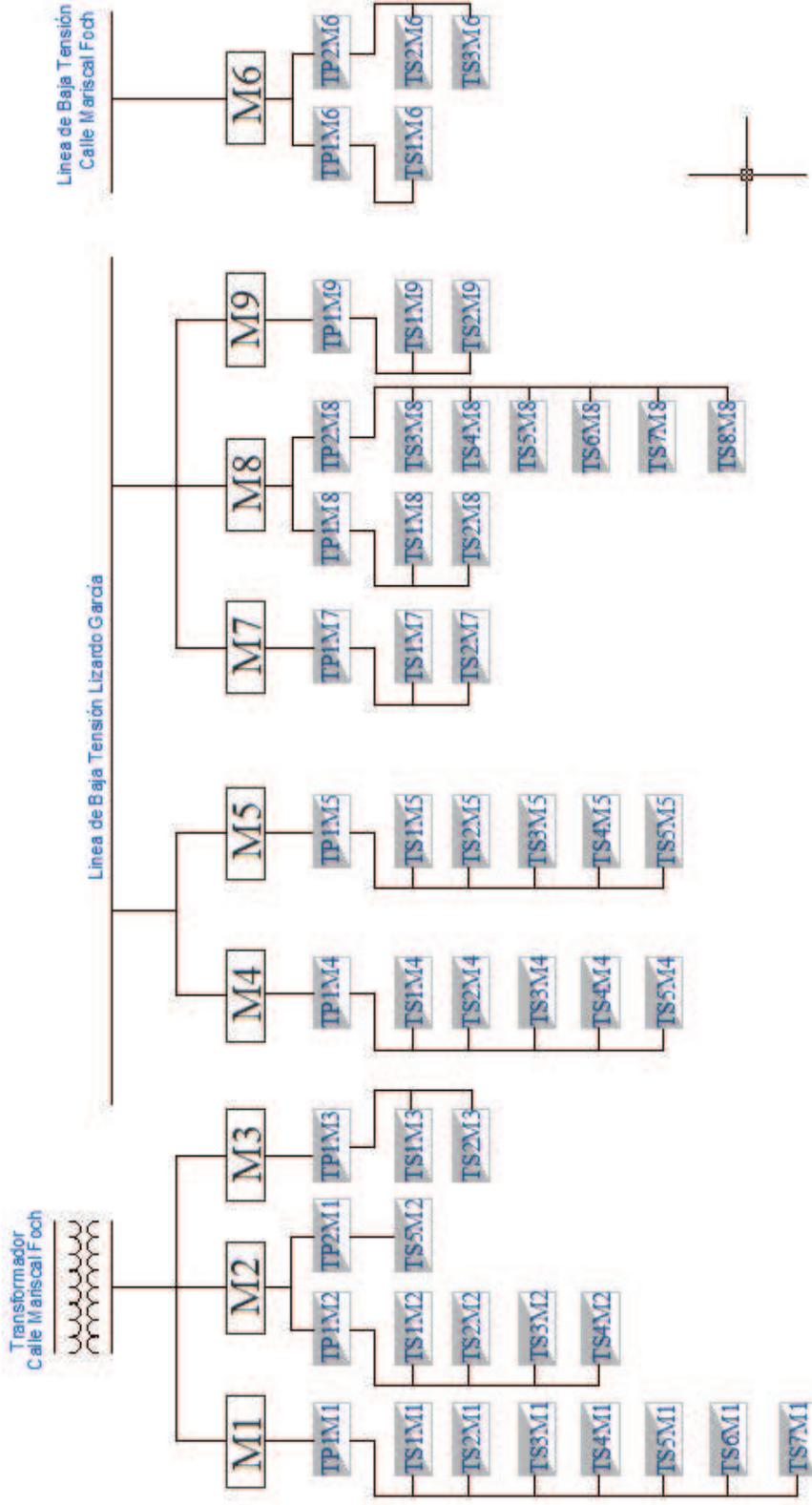


Figura 2.13 Diagrama Unifilar Actual de la Unidad Educativa Experimental “Manuela Cañizares”

## **2.3 ANÁLISIS DE LA CARGA ELÉCTRICA DE CADA CIRCUITO**

### **Contador de Energía 1 (M1)**

#### **TP1M1**

En este tablero principal la carga predominante es de iluminación y de computadoras.

### **Contador de Energía 2 (M2)**

#### **TP1M2 10**

Carga predominante computadoras.

#### **TP2M2 10**

La carga predominante es de iluminación.

### **Contador de Energía 3 (M3)**

#### **TP1M3**

La carga predominante es de iluminación.

#### **TP1M4**

### **Contador de Energía 4 (M4)**

La carga predominante en este tablero es de computadoras y equipos médicos.

### **Contador de Energía 5 (M5)**

#### **TP1M5**

La carga predominante es de iluminación servicios médicos.

### **Contador de Energía 6 (M6)**

#### **TP1M6**

La carga predominante es de iluminación y servicios de oficinas.

**TP2M6**

La carga predominante es de iluminación servicios de oficinas.

**Contador de Energía 7 (M7)****TP1M7**

Su carga es de servicios de cocina y bar.

**Contador de Energía 8 (M8)****TP1M8**

Su carga predominante es de iluminación y audiovisuales.

**TP2M8**

Su carga predominante es de iluminación.

**Contador de Energía 9 (M9)****TP1M9**

En este tablero principal su carga predominante es de computadoras e iluminación.

**Contador de Energía 10 (M10)****TP1M10**

La carga predominante es de iluminación y máquinas de coser.

**Circuitos sub-dimensionados**

Los siguientes circuitos están sub-dimensionados:

TS1M1 Circuito 1 y circuito 2.

TP1M2 Circuito 1.

TS1M2 todos los circuitos.

TS2M2 todos los circuitos.

TP1M6 departamento médico.

TP1M8 todos los circuitos.

TP1M9 todos los circuitos.

TP1M10 Circuito1 y circuito2.

## 2.4 IDENTIFICACION DE PROBLEMAS ACTUALES

### 2.4.1 ESTADO ACTUAL DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS

A simple vista se puede apreciar cables eléctricos sin tubería, a la intemperie y sin aislamiento, tableros de distribución antiguos y deteriorados. Las instalaciones son muy antiguas, se han añadido circuitos de acuerdo a los requerimientos de ambas instituciones, sin ninguna planificación ya que se encuentran ubicadas en cualquier lugar, sin criterio técnico y falta de seguridad para las personas que diariamente laboran y estudian en estos Edificios.



**Figura 2.14 y 2.15** Ejemplo de las instalaciones Eléctricas deterioradas de los Edificios

#### **2.4.2 PROBLEMAS PUNTUALES EN LOS EDIFICIOS**

1. Las instalaciones no cuentan con un transformador propio que abastezca su carga desde los circuitos de medio voltaje, su carga se encuentra distribuida por sus medidores conectados a diferentes transformadores de la zona.
2. En el Bloque nuevo ubicado frente a la cancha principal de básquet los circuitos se encuentran desbalanceados y uno de estos circuitos se encuentra con un voltaje por debajo del mínimo permitido, esto conlleva a la desconexión de carga y mal funcionamiento de los equipos.
3. En el edificio principal los circuitos no cuentan con una tubería exclusiva y se encuentran a la intemperie, esto podría ocasionar accidentes en los estudiantes y en las instalaciones.
4. Todos los circuitos se encuentran en mal estado debido a la antigüedad de las instalaciones.
5. La acometida que alimenta a los medidores M7, M8, M9 no se encuentra balanceada y su voltaje es inferior al del mínimo permitido.
6. Los laboratorios de computación de ambas instituciones presentan problemas de sobrecarga de sus circuitos y desbalance de sus cargas.
7. El laboratorio de computación de la Unidad Educativa “Manuela Cañizares” del primer piso del edificio principal se encuentra con sus tomacorrientes centrales dañados y bloqueados.

8. El laboratorio de computación del Colegio “María Angélica Idrobo” ubicado en la planta baja del edificio Raúl López tiene problemas de desconexión de sus computadoras por la sobrecarga de sus circuitos.
9. El laboratorio de computación de la Unidad Educativa “Manuela Cañizares” ubicada en la planta baja del edificio Raúl López tiene problemas de desconexión de sus interruptores termo-magnéticos (breakers) por la sobrecarga en sus circuitos.
10. La iluminación en el Hall y en el pasillo del rectorado del Ed. Principal no cuenta con un interruptor para su maniobra, si única forma de apagado es desactivando el interruptor termo-magnético.
11. El aula de biología ubicada al frente del patio se encuentra con sus tomacorrientes, dañados, desconectados, esto ocasiona que no pueda ser aprovechada por los estudiantes a su máximo.
12. Las instalaciones eléctricas de la planta baja del bloque 4 se encuentran sobrecargadas debido a que la carga no se encuentra bien distribuida entre en su tablero de distribución.
13. El circuito TS1M8 se encuentra sobrecargado y presenta repetidas desconexiones.
14. Los tableros de distribución del Ed. Principal, Raúl López y bloque 4 están obsoletos y en algunos casos bloqueados.
15. Muchas luminarias se encuentran dañadas provocando el malestar en los estudiantes.

16. La Inspección de los décimos cursos de la Unidad Educativa Experimental “Manuela Cañizares” ubicada en la 2da planta del edificio principal no tiene un interruptor para su luminaria en su oficina, este interruptor se encuentra ubicado en un curso adyacente, teniendo graves problemas y molestias al encender y apagar.

17. El aula del consejo estudiantil de la Unidad Educativa Experimental “Manuela Cañizares” se encuentra con su interruptor averiado y necesita ser remplazado.

### 2.4.3 PELIGRO DE INCENDIO

Las instalaciones eléctricas y el cableado del edificio data de principios del siglo pasado y por el aumento de computadores y equipo electrónico puede haber un peligro de incendio por la antigüedad de los circuitos, la deteriorada infraestructura eléctrica, por la exposición de los cables eléctricos a la intemperie y tableros de distribución y por el tipo antiguo de edificio de madera seca.



**Figura 2.16** Estado deteriorado de las Instalaciones actuales



**Figura 2.17** Estado deteriorado de las Instalaciones actuales



**Figura 2.18** Peligro estado que se encuentran las Instalaciones Actuales

En las Figuras 2.16, 2.17 y 2.18 Se muestran los peligros de las instalaciones eléctricas actuales en la Unidad Educativa “Manuela Cañizares”.

## **CAPITULO III**

### **ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS INSTALACIONES EN RELACIÓN A LOS PROBLEMAS ACTUALES**

#### **3.1. PLANTEAMIENTO DE PROBLEMAS Y NECESIDADES DEL SISTEMA ELECTRICO DEL EDIFICIO.**

La necesidad principal debido a la considerable carga existente en la Unidad Educativa “Manuela Cañizares”, requiere de un transformador exclusivo para todo el plantel.

A continuación se detalla los problemas eléctricos en cada uno de los edificios que forman parte de la Unidad Educativa “Manuela Cañizares”.

##### **3.1.1 EDIFICIO PRINCIPAL**

1. El Edificio no cuenta con un tablero armario de contadores de energía, dichos contadores se encuentran dispersos alrededor de todo este edificio; es necesaria la instalación de un tablero armario de contadores de energía el cual debe estar ubicado en un sitio adecuado para su control.
2. El contador de Energía principal identificado como #6 detallado en el capítulo 2 no cuenta con un tablero principal de interruptores termomagnéticos adecuado, ya que este se encuentra deteriorado y expuesto en condiciones inseguras para las personas que habitan el edificio.
3. Los circuitos alimentadores de este edificio no cuentan con una tubería exclusiva y se encuentran a la intemperie por lo que están deteriorados y en mal estado, esto podría ocasionar accidentes en los estudiantes y daños en la estructura del edificio

4. El laboratorio de computación de la Unidad Educativa “Manuela Cañizares” del primer piso del edificio principal se encuentra con sus tomacorrientes centrales dañados y bloqueados, por lo tanto este laboratorio requiere un mejoramiento en su sistema eléctrico y de iluminación para cumplir correctamente con su objetivo educativo.
5. La acometida que alimenta a los contadores de energía M7, M8, M9 no se encuentra balanceada y su voltaje es inferior al del mínimo permitido, ocasionando la desconexión del servicio eléctrico en la mayoría de las aulas que alimentan estos contadores de energía, la instalación de un transformador propio evitaría estos problemas.
6. La iluminación en el Hall y en el pasillo del rectorado del Ed. Principal no cuenta con un interruptor para su maniobra, si única forma de apagado es desconectando del interruptor termo-magnético, además la distribución de sus luminarias es deficiente, por lo tanto requiere un rediseño.
7. La mayor parte de los equipos de maniobra y sus respectivas luminarias se encuentra en mal estado ocasionando el malestar en los estudiantes, por lo que es necesario un correcto mantenimiento preventivo además de redistribución de las luminarias.

### **3.1.2 EDIFICIO RAÚL LÓPEZ**

1. Al igual que el edificio principal éste no cuenta con un tablero armario para sus contadores de energía, por lo que es necesario un tablero propio para este edificio.
2. El laboratorio de computación del Colegio “María Angélica Idrobo” ubicado en el subsuelo y el laboratorio de computación de la Unidad Educativa “Manuela

Cañizares” ubicado en la planta baja del edificio Raúl López tiene problemas de desconexión de sus computadoras por la sobrecarga de sus circuitos, ya que las instalaciones actuales no son las adecuadas para soportar la carga de este laboratorio y es necesario un nuevo diseño de las mismas.

3. Los tableros de interruptores termo-magnéticos del Ed. Principal, Raúl López están obsoletos y en algunos casos bloqueados, estos requieren un cambio, rediseño y correcto dimensionamiento.
4. El sistema de iluminación de este edificio se encuentra obsoleto y no cuenta con un correcto diseño para el adecuado funcionamiento educativo de este plantel.

### **3.1.3 AULAS UNITARIAS, LABORATORIOS DE BIOLOGÍA Y AUDITORIO**

La iluminación de las aulas unitarias es ineficiente y los tomacorrientes son defectuosos por lo que se requiere un nuevo diseño en las mismas.

1. El aula de biología ubicada al frente del patio se encuentra con sus tomacorrientes, dañados, desconectados, esto ocasiona que no pueda ser aprovechada por los estudiantes a su máximo.
2. El taller de carpintería cuenta con instalaciones deterioradas, iluminación inadecuada, por lo que se requiere un rediseño.

### **3.1.4 BLOQUE NUEVO**

1. El Bloque nuevo ubicado frente a la cancha principal de básquet sus circuitos se encuentran desbalanceados y uno de estos circuitos se encuentra con un voltaje por debajo del mínimo permitido, esto conlleva

a la desconexión de carga y mal funcionamiento de los equipos, con la instalación del transformador se podría evitar este tipo de problemas.

### **3.1.5 BLOQUE VIEJO**

1. Los circuitos eléctricos en este bloque se encuentran sobrecargados y en mal estado y deteriorados por su exposición a la intemperie y su antigüedad.
2. Los circuitos de iluminación y tomacorrientes en este bloque no son independientes, esto ocasiona desconexiones del servicio y activación de las protecciones del medidor con un continuo peligro de incendio. Se requiere independizar los circuitos para aliviar su carga.
3. El sistema de iluminación se encuentra deteriorado y no es el óptimo para una institución educativa

## **3.2 OBJETIVOS DE LA REMODELACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO DEL EDIFICIO**

Con la remodelación del sistema eléctrico del Edificio de la Unidad Educativa “Manuela Cañizares” se pretende alcanzar los siguientes objetivos:

Mejorar las condiciones de trabajo para los estudiantes y profesores que diariamente utilizan las instalaciones y asisten a este plantel educativo.

Evitar la destrucción de un “Bien patrimonial relevante de la Nación” proclamado por el distrito metropolitano de Quito, al ser el un edificio antiguo es de construcción mixta (madera y cemento) requiere de un tratamiento especial pero no se le ha dado el correcto mantenimiento a sus instalaciones por lo que existe un peligro de incendio.

Reducir el elevado consumo de energía eléctrica actual del edificio.

Reducir las pérdidas eléctricas y uso inadecuado de energía.

Hacer eficiente el sistema de iluminación y mejorar el kw/m<sup>2</sup>

Contar con un grupo de Emergencia para suplir el suministro eléctrico en caso de alguna falla externa o desconexión del suministro.

Mejorar las comunicaciones entre laboratorios de computación y oficinas con un adecuado diseño de cableado estructurado.

### **3.3 OPTIMIZACIÓN DE LOS RECURSOS ELÉCTRICOS DE LA INSTITUCIÓN**

En la unidad educativa experimental “Manuela Cañizares” no ha existido una cultura de ahorro de energía debido a que sus instalaciones no permiten el uso adecuado de los recursos eléctricos por su estado deteriorado y la falta de planificación en la edificación y expansión de sus áreas de trabajo.

Como se pudo verificar en la inspección de los edificios que conforman el plantel sus instalaciones eléctricas mal distribuidas con una clara falta de criterio en su diseño y construcción inicial, con el fin de cubrir la demanda creciente de estudiantes y teniendo en cuenta que estas edificaciones brindan sus servicios a otro plantel educativo por muchos años se han realizado expansiones físicas lo que conlleva a un incremento de la carga eléctrica debido a circuitos adicionales los cuales se han construido sin el previo estudio adecuado.

En la actualidad la educación va a la par de la tecnología por lo que la unidad educativa “Manuela Cañizares” y el colegio “María Angélica Idrobo” han adquirido e instalado con el transcurso de los años nuevos equipos electrónicos sin tomar en cuenta el efecto que estos podrían provocar a la red eléctrica ni tampoco la capacidad de dicha red.

En la parte de iluminación se ha realizado el cambio de focos incandescentes por focos ahorradores y se ha sustituido algunas luminarias igualmente por focos ahorradores, ignorando lámparas de alta eficiencia y nueva tecnología en iluminación así como una adecuada distribución para una mayor eficiencia lumínica.

### **3.4 FACTIBILIDAD TÉCNICA**

Con un análisis técnico de las instalaciones se puede reemplazar las luminarias existentes T – 12 por lámparas de alta eficiencia T – 5 para que el consumo de energía se reduzca.

Con un nuevo diseño de iluminación eficiente no solo se puede reducir el consumo de Energía eléctrica además de brindar la adecuada luminosidad en cada ambiente de trabajo

Así mismo con la instalación de interruptores en lugares más adecuados y accesibles se puede dejar de desperdiciar energía como hasta el momento se hace en las instalaciones.

Con la instalación de interruptores termo-magnéticos (breakers) adecuados se reduce el peligro de catástrofes como incendios y riesgos de electrocución.

Balanceando los circuitos y reemplazando cables en mal estado o que no cumplen ninguna función se puede reducir significativamente las pérdidas.

### **3.5 FACTIBILIDAD ECONÓMICA**

Se analiza el consumo de energía actual con luminarias T12 y se compara con el consumo proyectado con luminarias T5 de alta eficiencia y se calcula el ahorro económico que se logra.

El resumen del consumo actual y proyectado de los Suministros se muestra en el Cuadro 3.1

Contador de Energía	Suministro	Consumo (kWh-mes)	Tarifa	Consumo de iluminación		Ahorro de Energía (kWh-mes)	Ahorro Económico (\$-mes)	
				Actual (kWh-mes)	Proyectado (kWh-mes)			
1	814-3	1548	Residencial (bajo voltaje)	1252.8	876.8	376	61	
2	730717-8	1645	Beneficiaria Publico con Demanda	916.6	645	271.6	31.23	
3	815-7	449	Residencial (bajo voltaje)	240	168	72	13.26	
4	1269384-2	1663	Comercial con Demanda	745	510	235	39.16	
5	808-3	727	Beneficiaria Publico con Demanda	240	160	80	11.72	
6	1008-6	4111	Beneficiaria Publico con Demanda	2500	1700	800	87.8	
7	361996-7	904	Beneficiaria Publico con Demanda	432	302	130	21.44	
8	880206-7	4258	Beneficiaria Publico con Demanda	2490	1780	710	53.72	
9	1015-0	425	Beneficiaria Publico	321	114	207	15.84	
<b>Total</b>								<b>335.17</b>

**Cuadro 3.1** Consumo de Suministros actual y proyectado

### 3.6 ANALISIS COSTO BENEFICIO

Con medidas simples que se pueden tomar al principio como el uso eficiente de la Energía y el remplazo de tubos fluorescentes antiguas tipo T-12 por modernas T-5 se puede alcanzar un ahorro de energía de 5852.2kWh/mes esto representa un ahorro de 335.27 dólares al mes, según cuadro 3.2

Meses	Desembolso	Ingresos		
0	-4008			-40.08
1	0	335.27	332.93	3.329
2	0	335.27	330.62	3.30
3	0	335.27	328.32	3.28
4	0	335.27	326.04	3.26
5	0	335.27	323.77	3.23
6	0	335.27	321.52	3.21
7	0	335.27	319.29	3.19
8	0	335.27	317.07	3.17
9	0	335.27	314.86	3.14
10	0	335.27	312.67	3.12
11	0	335.27	310.50	3.10
12	0	335.27	308.34	3.08
13	0	335.27	306.20	3.06
<b>VAN</b>	<b>1.44</b>			
<b>TIR</b>	<b>14.42</b>			

Cuadro 3.2 Cálculo del VAN y del TIR

### 3.7 FACTIBILIDAD OPERATIVA

La factibilidad operativa nos permite ver si se pondrá en marcha el cambio propuesto así como los beneficios que traerá a los involucrados.

El deseo de un cambio en el sistema eléctrico actual expresado por los usuarios de estas instalaciones y los que las ocupan diariamente llevará a la aceptación de un nuevo sistema de una manera sencilla y agradable esperando cubrir todas sus necesidades y expectativas.

Con la finalidad de garantizar un impacto positivo a los usuarios este debe ser llevado a cabo con los estándares a los sistemas existentes y de fácil manejo.

Los beneficios que ofrece a las personas, profesores alumnos y personal administrativo que ocupan diariamente la Unidad Educativa “Manuela Cañizares”, son variados y enfocados a mejorar las condiciones de aprendizaje y trabajo en la institución.

Procurar un ambiente visual óptimo y una iluminación adecuada para la enseñanza y el aprendizaje así mismo sentirse seguro de las instalaciones que diariamente ocupan para mejorar el bienestar de las personas.

El ahorro de Energía que proporcionaría las nuevas instalaciones eléctricas daría un ahorro substancial de dinero que se podría enfocar en otros aspectos más importantes de la educación de los estudiantes de esta institución.

## **CAPITULO IV:**

### **REDISEÑO DE LAS INTALACIONES ELÉCTRICAS**

#### **4.1 NORMAS**

Las normas que se aplican en el diseño son las dictadas por el Código Eléctrico Nacional “CPE INEN 19:2001” están listadas a continuación:

Capítulo 2. Alambrado y Protecciones de las Instalaciones Eléctricas

Sección 200 – 3, Sección 200 – 11,

##### **Sección 210 Circuitos Ramales.**

Sección 210 – 2, Sección 210 – 4, Sección 250 – 80, Sección 210 – 6 (a, b y c),  
Sección 210 – 7, Sección 210 – 8 (b), Sección 210 – 20, Sección 210 – 21 (b),  
Sección 210 -22 (b), Sección 210 – 23 (a), Sección 210 – 24,

##### **Sección 215 Alimentadores.**

Sección 215 – 2, Sección 215 – 3, Sección 215 – 5, Sección 215 – 6, Sección 215  
– 7, Sección 215 – 8, Sección 215 – 9, Sección 215 – 10

##### **Sección 220 Cálculo de los Circuitos Alimentadores, Ramales y Acometidas**

Sección 220 – 2, Sección 220 – 3, Sección 220 – 4, Sección 220 – 10, Sección  
220 – 11, Sección 220 – 13, Sección 220 – 22, Sección 220 – 34, Sección 220 –  
35

**Sección 225 – 7 Equipo de alumbrado instalado al exterior (a, b y c),** Sección  
225 – 9, Sección 225 – 10, Sección 225 – 11, Sección 225 – 12, Sección 225 – 14  
(a), Sección 225 – 18, Sección 225 – 19, Sección 225 – 22, Sección 225 – 23

##### **Sección 230 Acometidas**

Sección 230 – 1, Sección 230 – 2, Sección 230 – 3, Sección 230 – 6, Sección 230  
– 7, Sección 230 – 8

##### **Sección 230 – 23 Calibre y Capacidad de Corriente**

Sección 230 – 24, Sección 230 –30, Sección 230 – 31, Sección 230 – 32, Sección  
230 – 40, Sección 230 – 41, Sección 230 – 42, Sección 230 – 43, Sección 230 –

49, Sección 230 – 50, Sección 230 – 54, Sección 230 – 70, Sección 230 – 71, Sección 230 – 76, Sección 230 – 83

#### **Sección 230 – 91 Ubicación de la Protección Contra Sobre-corrientes**

Sección 230 – 92, Sección 230 – 93, Sección 230 – 94, Sección 230 – 95, Sección 240 – 4, Sección 240 – 6, Sección 240 – 20 (d y e)

#### **Sección 250 Puesta a Tierra**

Sección 250 – 1, Sección 250 – 2, Sección 250 – 5, Sección 250 – 21, Sección 250 – 24, Sección 250 – 25, Sección 250 – 26, Sección 250 – 30, Sección 250 – 42, Sección 250 – 58, Sección 250 – 61, Sección 250 – 62, Sección 250 – 71, Sección 250 – 72, Sección 250 – 81, Sección 250 – 91, Sección 250 – 92, Sección 250 – 95, Sección 250 – 115, Sección 250 – 118, Sección 250 – 119

### **Capítulo 3 Métodos y Materiales de la Instalación**

#### **Sección 300 Métodos de Alambrado**

Sección 300 – 3, Sección 300 – 5, Sección 300 – 8, Sección 300 – 9, Sección 300 – 11, Sección 300 – 12, Sección 300 – 13, Sección 300 – 15, Sección 300 – 16, Sección 300 – 17, Sección 300 – 18, Sección 300 – 19, Sección 300 – 20, Sección 300 – 21, Sección 300 – 22, Sección 300 – 24

#### **Sección 310 Conductores para Instalaciones en General**

Sección 310 – 2, Sección 310 – 4, Sección 310 – 5, Sección 310 – 9, Sección 310 – 10, Sección 310 – 11, Sección 310 – 12, Sección 310 – 13, Sección 310 – 15, Sección 310 – 16, Sección 310 – 17, Sección 310 – 18, Sección 310 – 19, Sección 310 – 61

#### **Sección 410 – 81 Control**

Sección 410 – 83, Sección 410 – 84, Sección 410 – 85, Sección 410 – 86, Sección 410 – 87

#### **Sección 445 Generadores**

Toda la sección

#### **Sección 450 Transformadores y Bóvedas para Transformadores**

Toda la sección

#### **Sección 645 Equipos Informáticos**

Sección 645 – 2, Sección 645 – 5, Sección 645 – 6, Sección 645 – 7, Sección 645 – 11, Sección 645 – 12, Sección 645 – 16,

## **Capítulo 7 Condiciones especiales**

### **Sección 700 Sistemas de Emergencia**

Sección 700 – 1, Sección 700 – 5, Sección 700 – 6, Sección 700 – 7, Sección 700 – 8, Sección 700 – 9, Sección 700 – 12, Sección 700 – 15, Sección 700 – 16, Sección 700 – 17, Sección 700 – 18, Sección 700 – 20, Sección 700 – 21, Sección 700 – 22, Sección 700 – 25, Sección 700 – 26

## **Capítulo 8 Sistemas de Comunicación**

### **Sección 800 Circuitos de Comunicaciones**

Sección 800 – 2, Sección 800 – 3, Sección 800 – 4, Sección 800 – 5, Sección 800 – 10, Sección 800 – 12, Sección 800 – 13

### **Sección 800 – 30 Dispositivos de Protección**

Sección 800 – 2

## **4.2 NIVELES DE VOLTAJE**

**Sección 220 – 2 Voltajes.-** Si no se especifican otros voltajes para el cálculo de las cargas del alimentador y de los circuitos ramales, se deben aplicar los voltajes nominales de 120, 120/240, 208Y/120, 220Y/127/, 240, 347, 440Y/254, 480Y/277,

480, 600Y/347 y 600V. Los valores de voltaje de 220Y/127 y 440Y/254 V son valores existentes en algunos sistemas pero se recomienda que no se utilicen en una construcción futura de instalaciones nuevas.

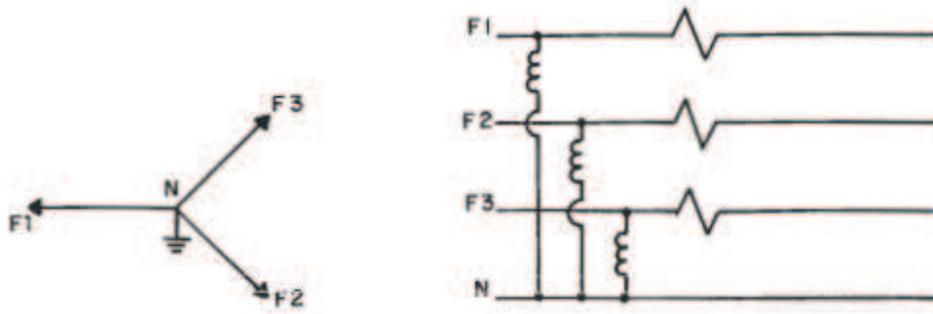
## **4.3 SISTEMAS DE MEDIDA**

### **4.3.1 CONTADORES DE TRES ELEMENTOS**

Para derivaciones trifásicas, cuatro hilos, es decir para acometidas que usan las tres fases y el neutro de un sistema trifásico. Especificaciones: contador trifásico,

cuatro hilos, ciclo métrico, 208/120V o 220/127V. Amperaje similar a los anteriores.

El diagrama de medición de un contador de energía de 3 elementos se muestra en la figura 4.1



**Figura 4.1** Diagrama del contador de Energía de 3 elementos.

## 4.4 FUNDAMENTOS TÉCNICOS PARA EL DISEÑO

### 4.4.1 TOMACORRIENTES

En cada sala, comedor, recibo, vestíbulo, biblioteca, dormitorio o en cualquier recinto similar, las salidas de tomacorriente deben estar dispuestas para que no haya lugares o puntos en la longitud de la pared a lo largo de la línea del piso que estén a más de 1.8 m de un tomacorriente, medidos horizontalmente en dicha superficie.

La norma señala que las salidas para tomacorriente deben estar situadas de tal forma que cualquier equipo de utilización colocado en la longitud de la pared a lo largo de la línea del piso, no quede a más de 1.8 m del tomacorriente.

Para la zona de cocina, la norma señala que se debe ubicar un toma doble cada 1.2 m a lo largo de la longitud del mesón (poyo), de tal forma que cualquier equipo de utilización de cocina no quede a más de 0.6 m de un toma medido horizontalmente. Estos tomas deben colocarse a 0.2 m por encima del mesón.

En los baños se instalará al menos un tomacorriente doble (se acostumbra un toma-interruptor) adyacente al lavamanos. No se deben instalar a 0.2 m del piso debido a la humedad.

Todos los tomas se colocaran a 0.2 m por encima del piso, a excepción de los tomas de baños, cocina y algunos de la zona de ropas. Esto para evitar que el cordón del artefacto se desenchufe debido a su propio peso.

En los corredores se recomienda instalar tomas cada 4.5 metros y en escaleras largas con descanso al menos uno. En garajes, cuando éstos son utilizados como sitios de trabajo se recomienda ubicar dos tomas. En zona de ropas se deben instalar toma especial e independiente, cuando se pretendan instalar cargas especiales (secadora de ropas por ejemplo). Cuando se instalen toma exterior, éstos deben ser controlados interiormente a través de un interruptor. *Referencia [2]*

#### **4.4.2 INTERRUPTORES**

No deben conectarse al conductor neutro: éste siempre pasa derecho. El que debe interrumpirse es el conductor activo. Se deben colocar dentro del área donde ejercen su control, a una distancia de 10 a 20 cm. de las puertas (picaporte o cerradura de las puertas) o esquina de las paredes, excepto para el alumbrado exterior. Además no deben controlar más de una salida de iluminación.

Los interruptores cuando se instalan para accionamiento vertical, deben encender hacia arriba y apagar hacia abajo. Cuando se instalan para accionamiento horizontal, deben encender a la derecha y apagar ala izquierda. Para los interruptores se utilizan por lo general cajas rectangulares y colocadas a una distancia de 1.2 m del piso. *Referencia [3]*

#### **4.4.3 CAJAS METÁLICAS DE PASO**

Se utilizan para empotrar o para colocar a la vista en muros, techos y se utilizan

para colocar las diferentes salidas de la instalación o como cajas de paso. Deben ser de tamaño suficiente para proveer espacio libre para manipular todos los conductores que entran y salen encada salida. Las más comunes son de 2x4, 4x4 y las octogonales.

#### **4.4.4 CONDUCTORES ELÉCTRICOS**

El calibre del conductor debe satisfacer:

Aislamiento adecuado para soportar los niveles de voltaje, temperatura, local donde serán instalados (húmedo, seco, corrosivo, etc.).

Que la Ampacidad (capacidad para conducir corriente eléctrica) sea la adecuada para la corriente que por el circulará. *Referencia [4]*

#### **4.4.5 ILUMINACIÓN**

En las escaleras y en otros espacios que requieran control de iluminación en dos o más puntos diferentes, se deben colocar conmutadores.

El diseño del sistema eléctrico se realizará mediante las normas del código Eléctrico Ecuatoriano

Sección 110 - 4 Voltajes.- A través de este código los voltajes considerados serán aquellas al cual funciona el circuito. El voltaje nominal de un equipo eléctrico no debe ser inferior al voltaje nominal del circuito al que está conectado.

Sección 110 – 5 Conductores.- Los conductores normalmente usados para conducir corriente serán de cobre, a no ser que se disponga de otro modo en este reglamento. Cuando no se especifica el material de conductores, dicho material y los tamaños que dan en este reglamento, se aplicaran a conductores de cobre. Cuando se unan a otros materiales el tamaño será cambiado conforme a su equivalencia.

Sección 110 – 6 Calibres de los Conductores.- Los calibres de los conductores mencionados en este reglamento están expresados en el sistema AWG, MCM o en milímetros

Sección 110 – 7 Condiciones de Aislamiento.- Todo alambrado se instalará de tal manera que cuando se termine la instalación, el sistema estará libre de cortocircuitos y de tierras que no sean las requeridas o permitidas en la sección 250

Sección 110 – 8 Métodos de Alambrado.- En este Código solo se incluye métodos de Alambrado reconocidos como adecuados, los métodos reconocidos de alambrado se deben poder instalar en cualquier tipo de estructura o edificio, siempre que en este código no se indique otra cosa

Sección 220 – 3 Cálculos de los circuitos ramales

Para los circuitos de iluminación se emplea 3 cables calibre #14 para protección de los equipos electrónicos (balastos)

## **4.5 DIMENSIONAMIENTO Y LOCALIZACIÓN DE EQUIPOS.**

### **4.5.1 CAJAS METÁLICAS DE PASO**

Las cajas para los tomas deben colocarse horizontalmente, cuando son rectangulares. También se colocaran como cajas de paso para verificación de circuitos y para extensión del punto eléctrico.

### **4.5.2 TABLERO DE DISTRIBUCIÓN**

Es aquel en donde se ubican las protecciones para cada uno de los circuitos ramales, normalmente son de tipo enchufable, es decir la protección se conecta al barraje sin necesidad de tornillos (se montan a presión). *Referencia [5]*

### **4.5.3 DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN**

Dispositivo térmico: constituido por una banda bimetálica para soportar sobre

cargas de corriente.

Dispositivo magnético: constituido por un electroimán, para soportar cortocircuitos.

Son de tipo mono polar, bipolar y tripolar de 15 A, 20 A, 30 A, 40 A, 55 A, etc.

*Referencia [6]*

#### **4.5.4 CONTADORES DE ENERGÍA**

Existen de uno, dos y tres elementos. Un elemento es un conjunto de una bobina de corriente y una bobina de tensión.

Contadores de un elemento: para sistemas monofásicos, tres hilos (dos conductores activos y un neutro). La bobina de tensión se conecta entre los dos conductores activos. Especificaciones de contador: contador monofásico, tres hilos, ciclo métrico 240/120V. *Referencia [7]*

15(60) A -----400%

15(100) A -----666%

30(120) A -----400%

30(200) A -----666%

#### **4.5.5 CANALIZACIONES**

Sistema empleado para soportar los conductores y protegerlos contra averías mecánicas y contaminación.

Abiertas: bandejas porta cables, canastillas, aisladores de porcelana.

Cerradas: Tubería metálica (tubo rígido o EMT).

Tubería plástica (PVC)

Canaletas *Referencia [8]*

#### **4.5.6 CONDUCTORES ELÉCTRICOS**

Es un hilo (alambre) o una combinación de hilos (cable) no aislados entre sí, adecuados para que por ellos circule una sola corriente eléctrica. También existen en forma de barras rectangulares y de diseños especiales. Los más usados son de cobre, debido a su bajo costo.

El calibre se basa en una norma internacional americana, la AWG (American Wire Gauge), siendo el más grueso (mayor calibre) el 4/0 y el más delgado el # 36. Con base en estos dos calibres y mediante una progresión geométrica se establecen los demás calibres. Para calibres superiores al 4/0, su designación esta en función de su área en pulgadas. Para ello se usa la unidad llamada el CIRCULAR MIL (milésima circular), que consiste en la sección de un círculo que tiene como diámetro una milésima de pulgada. *Referencia [9]*

$$1" = 25.4 \text{ mm} \Rightarrow (1/1000)" = 0.0254 \text{ mm}$$

$$1 \text{ C.M.} = \pi d/4 = 5.064 \cdot 10^{-4} \text{ mm} \Rightarrow 1 \text{ mm} \cong 1 \text{ C.M.}$$

#### 4.6 DISEÑO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN EFICIENTE

El diseño de iluminación se realiza con la ayuda del sistema digital "Dialux" el cual se puede descargar gratuitamente en internet y es usado por todas las grandes compañías de iluminación usando la norma EN12464-1 de acuerdo al cuadro 4.1

Actividad interior		Iluminación media requerida [lx](DIN EN 12464-1)
Oficinas	Oficinas con ventanas y paredes pintadas con colores vivos	500
	Oficinas con ventanas y paredes pintadas con colores oscuros	500
Centros Educativos	Aulas de enseñanza	500
	Departamentos médicos	1000
	Pasillos	200
	Recepciones	300
	Oficinas	500
Trabajo Metálico	bahías de fundición, vestidores	200
	Pintura, trabajo manual, ensamblaje	750
Industrias, Ingeniería	Ensamblaje electrónico	750
	Ensamblaje de precisión	1000
Industria de Comida	Laboratorios	1000
Servicios	Restaurantes de servicio propio	300
	inspección y eliminación de manchas en las lavanderías	>50

**Cuadro 4.1** Estándares de la norma EN 12464-1 *Referencia [10]*

Para este proyecto se escogió lámparas T5 de alta eficiencia de las marcas Philips y Osram las cual permite tener un mayor ahorro de energía con un óptimo grado de luminosidad.

El Diseño de iluminación se presenta en los planos del Anexo 3.1, 3.2, 3.3 y 3.4 Además los diseños de los circuitos correspondientes a iluminación de este plantel educativo están adjuntos en dichos anexos.

#### 4.6.1 DISEÑO DE ILUMINACIÓN

Para el diseño de iluminación se empleará el programa computacional gratuito “Dialux” con el objetivo de tener la máxima eficiencia en el diseño.

Se puede descargar el programa de:

<http://www.dial.de/DIAL/es/dialux/download.html>

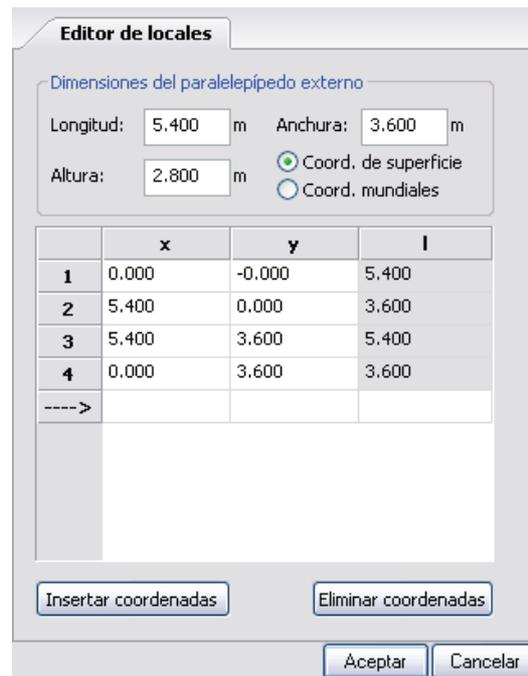
El proceso de instalación es común, como cualquier otro programa

Una vez instalado se procede a ejecutarlo y se presenta el menú que aparece en la figura 4.2



**Figura4.2** Cuadro de inicio Programa Dialux

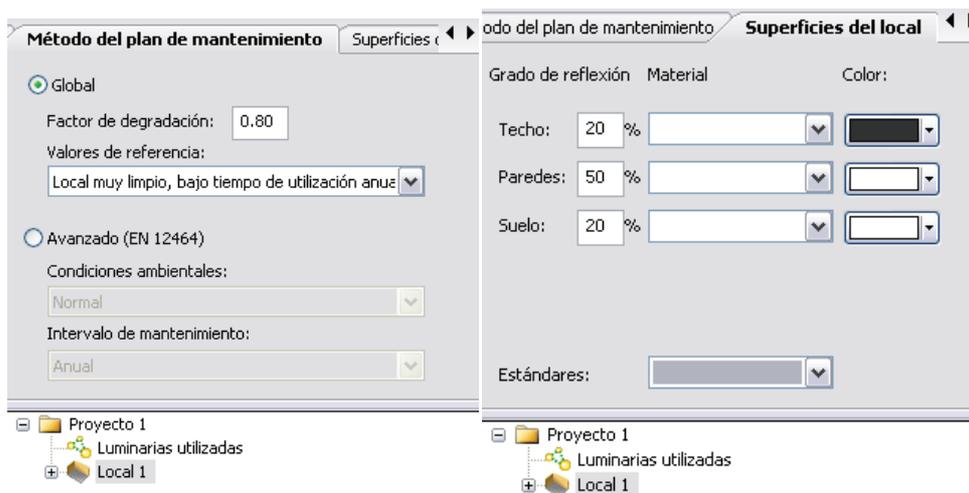
Se procede a ejecutar un “nuevo proyecto interior” en donde se especifica las dimensiones del local como muestra la figura 4.3



**Figura4.3** Editor de locales Programa Dialux

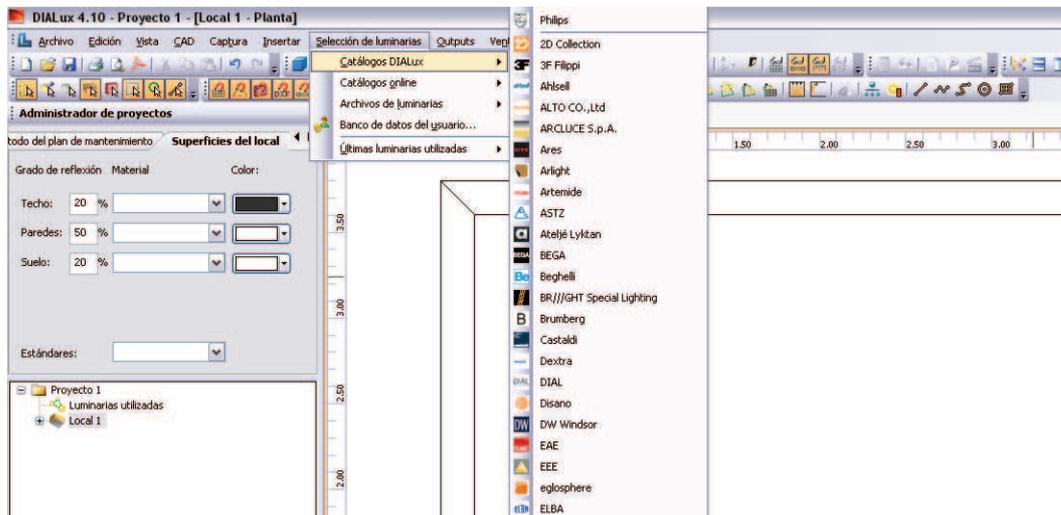
Una vez creado el local se tiene vistas disponibles en 2D y en 3D.

Se procede a agregar los detalles del local que se va a simular como son color de pared, color de piso, color de techo, el material de cada uno y el factor de mantenimiento para las luminarias como se ve en la figura 4.4



**Figura4.4** Selección de colores, materiales y factor de mantenimiento en Programa Dialux

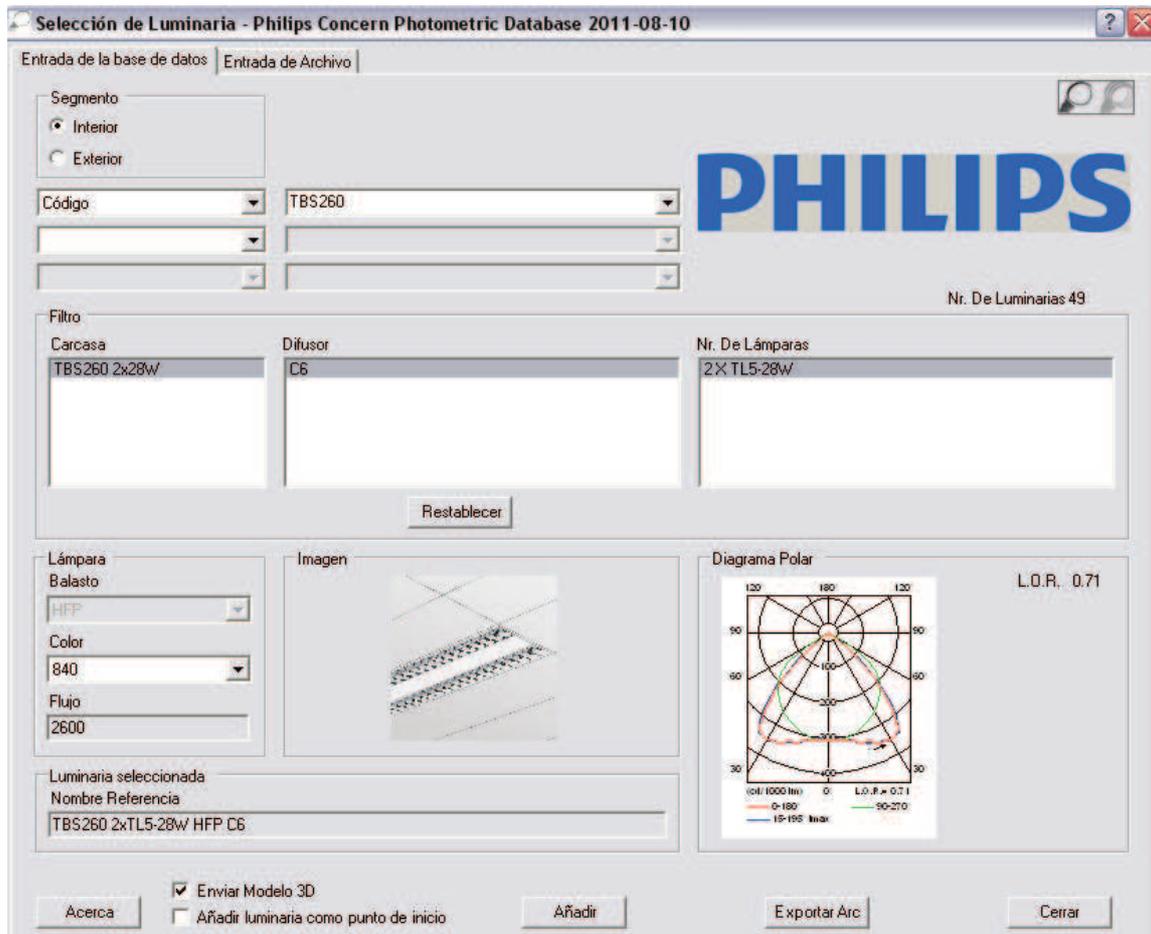
Seguidamente se procede a seleccionar las luminarias dependiendo la aplicación; las compañías fabricantes de luminarias tienen un vasto catálogo que pueden ser cargadas al programa mediante el internet o instalando sus fotometrías en archivos con extensión ".ies" como se muestra en la figura 4.5



**Figura4.5** Selección de luminarias en programa Dialux

Cualquier plugging que se descargue se instalará como cualquier programa normal y se podrá ejecutar externamente del programa.

Utilizando el catálogo de Philips, líder a nivel mundial en la fabricación de luminarias y lámparas eficientes, se procede a buscar la luminaria TBS 2xTL5-28W con difusor C6 mostrada en la figura 4.6



**Figura 4.6** Selección de luminaria TBS 260 en el catálogo Philips

La óptica C6, alto rendimiento, 2 lámparas es una mini óptica funcional de 2 lámparas en aluminio estándar de alta calidad, alto brillo (C) crea una distribución de luz en forma de delta, tiene una eficiencia apropiada (LOR hasta 65%), controla totalmente el deslumbramiento  $UGR < 19$  con lámparas TL5. Y Luminancia  $< 1000 \text{ cd/m}^2$

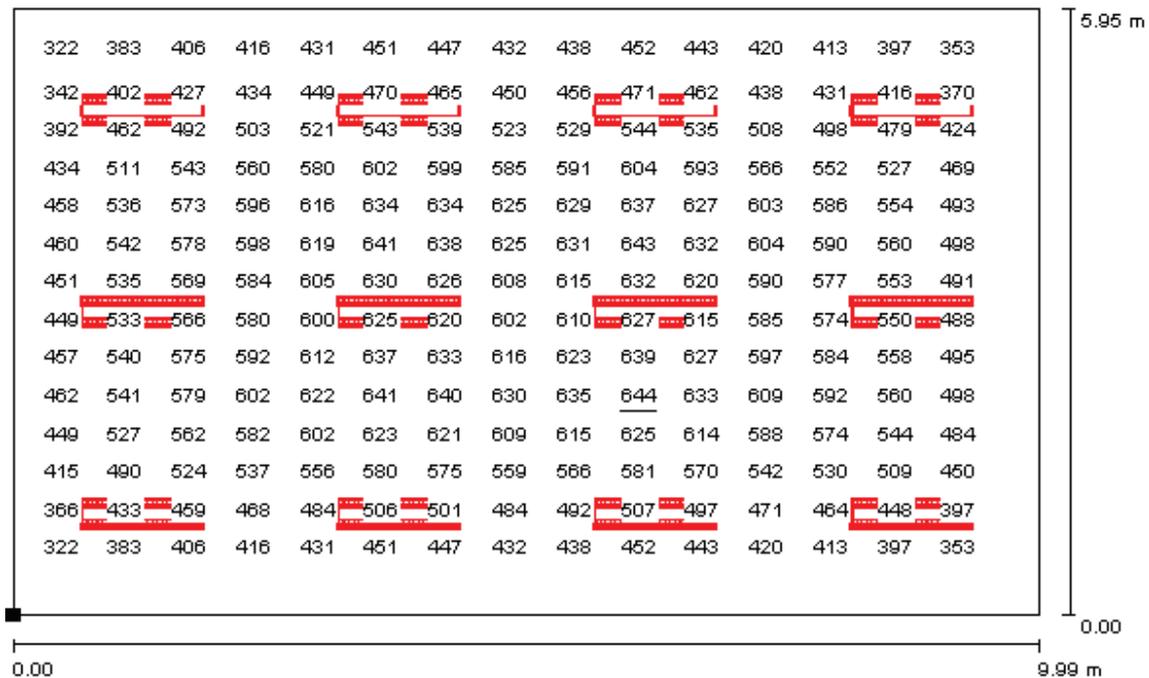
Según la norma EN12464-1 para oficinas y aulas de enseñanza, los requisitos luminotécnicos son los siguientes: luxes promedio  $> 500 \text{ lux}$ ,  $R_a > 80$ ,  $UGR < 19$  y  $L < 1000 \text{ cd/m}^2$

Se toma para este ejemplo el aula de Inspección General del primer piso del Edificio Principal de la Unidad Educativa Experimental “Manuela Cañizares”.

Se procede a insertar la luminaria en el local con el botón insertar en el menú principal como se muestra en la figura 4.7

**Figura 4.7** Forma de insertar la luminaria en el local del programa Dialux

Una vez insertadas las luminarias se procede a calcular con el botón iniciar cálculo en el menú principal; acabado el cálculo se podrá ver los valores de la simulación como se muestra en la figura 4.8



**Figura 4.8** Resultados de la simulación del programa Dialux

El número de luminarias y la potencia incluido el balastro queda como se muestra en el Cuadro 4.2

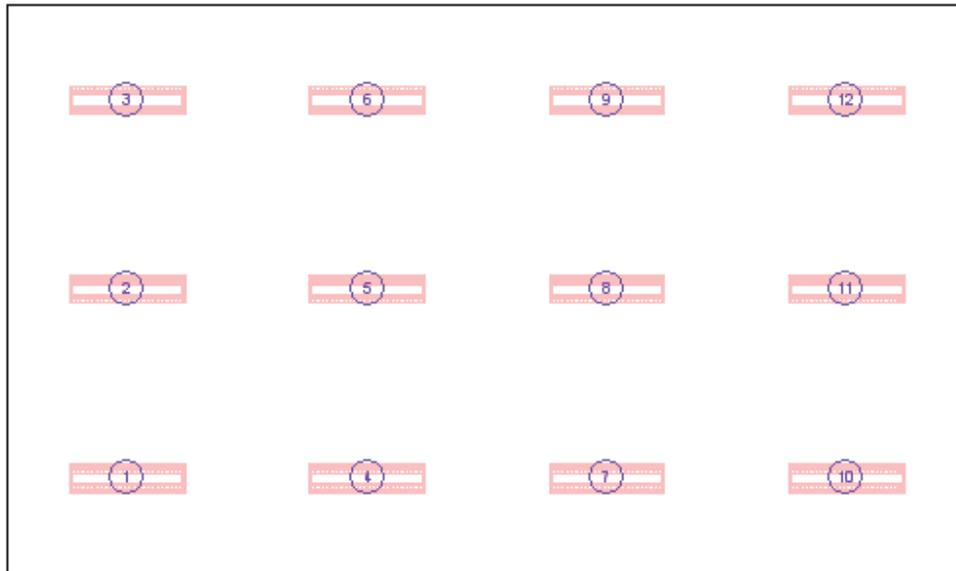
<b>Philips TBS260 2xTL5-28W HFP C6</b>		
<b>Luminarias</b>	<b>Φ [lm]</b>	<b>P(W)</b>
12	5200	62
Total	62400	744

**Cuadro 4.2** Relación Lúmenes/Potencia

Este programa también entrega el índice de Eficiencia Energética que queda de la siguiente manera:

Valor de eficiencia energética:  $12.52 \text{ W/m}^2 = 2.52 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $59.44 \text{ m}^2$ )

También entrega resultados de ubicación de las luminarias como se muestra en la figura 4.9



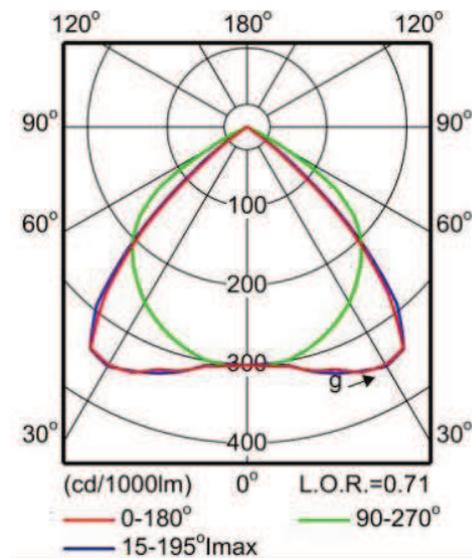
**Figura 4.9** Ejemplo de ubicación de luminarias usando Dialux

#### 4.6.2 PHILIPS TBS260 2xTL5-28W HFP C6

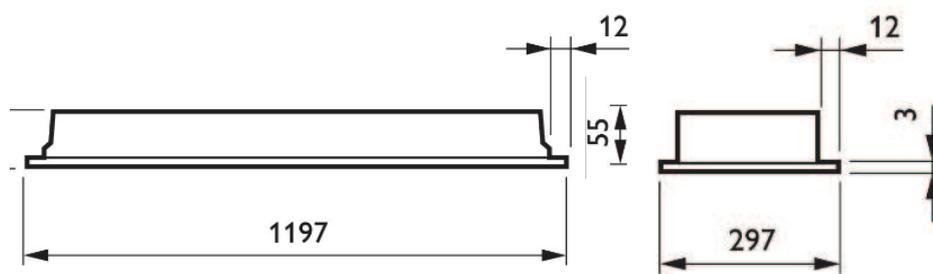
Para una mayor eficiencia energética se escoge la luminaria TBS 260 2xTL5 28W C6 con flujo luminoso de 5200 lúmenes, marca PHILIPS para empotrar que se entrega lista para ser instalada como se muestra en la Figura 4.10, 4.11 y 4.12



**Figura 4.10** Luminaria TBS260 2xTL5-28W C6



**Figura 4.11** Fotometría de la luminaria TBS260 2xTL5-28W C6



**Figura 4.12** Dimensiones de la luminaria

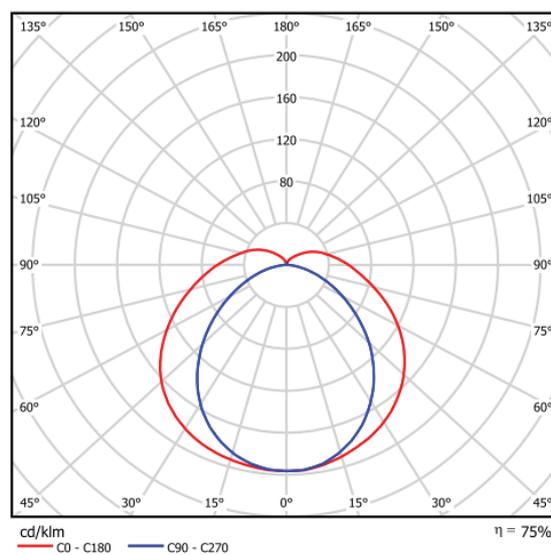
Esta luminaria es completa, esto quiere decir que incluye los tubos fluorescentes TL5 altamente eficientes, la óptica C6, balastro electrónico PHILIPS con alto factor de potencia y distorsión armónica menor al 10% lista para empotrar.

#### 4.6.3 OSRAM 72100 LUMILUX DUO T5-F/P 2X28W

Usando otra marca reconocida se realiza el mismo diseño para una comparación y seleccionar la que mejor convenga tanto en eficiencia energética como en cantidad de luminarias. Se muestra la fotografía y el diagrama fotométrico en la figura 4.13 y 4.14.



**Figura 4.13** Luminaria Osram 72100 LUMILUX DUO T5-F/P 2x28W



**Figura 4.14** Fotometría de la luminaria OSRAM 72100 LUMILUX T5 –F/P 2x28W

Esta luminaria es completa, esto quiere decir que incluye los tubos fluorescentes T5 altamente eficientes, protección acrílica, balastro electrónico OSRAM con alto factor de potencia y distorsión armónica menor al 10% lista para empotrar, Con flujo luminoso de 4600 lúmenes.

#### 4.6.4 COMPARACIÓN DE DISEÑO PHILIPS - OSRAM

El diseño se realizó para 5200 lúmenes y 400 luxes mínimo por aula para estar en los estándares de iluminación de centros educativos.

Todo se calcula para 5200 lúmenes y 400 luxes mínimo por aula.

##### 4.6.4.1 Edificio Principal Planta Baja

En el cuadro 4.3, 4.4, y 4.5 se indica el número de lámparas que se utilizaran por local si se instala luminarias Philips versus instalación de luminarias Osram

	Philips		Eficiencia	Osram		Eficiencia E.
	# lámparas	P(W)	W/m <sup>2</sup> /100 lx	#lámparas	P(W)	W/m <sup>2</sup> /100 lx
DOBE	8	496	2.35	12	720	2.69
Mimeógrafo.	4	248	2.67	6	360	3.33
Secretaría 1	4	248	2.84	6	360	3.74
Secretaría "María Angélica Idrobo"	4	248	2.69	8	480	3.39
Rectorado "María Angélica Idrobo"	8	496	2.40	12	720	2.78
Vice-rectorado "María Angélica Idrobo"	6	372	2.72	8	480	3.35
Lab. De Química "Manuela Cañizares"	20	1240	1.79	30	1800	2.30
Colecturía "Manuela Cañizares"	9	558	2.05	12	720	2.72
Vice Rectorado "Manuela Cañizares"	8	496	2.09	12	720	2.76
Secretaría 1 "Manuela Cañizares"	4	248	2.78	6	360	4.04
Secretaría "Manuela Cañizares"	6	372	2.39	8	480	.24

Rectorado "Manuela Cañizares"	9	558	2.01	15	900	2.68
Hall Principal	15	930	1.81	30	1800	2.25
Hall 1	4	248	2.29	6	360	3.09
Pasillo	10	620	1.93	18	1080	3.31
Aula de Ingles	8	496	2.10	12	720	2.8
Aula 1	8	496	2.10	12	720	2.79
Aula 2	9	558	2.09	15	900	2.76
Aula 3	9	558	2.10	15	900	2.79
Audiovisuales "María Angélica Idrobo"	20	1240	1.85	24	1440	2.28
Lugares junto Audiovisuales	2	124	3.25	2	120	3.5
Pasillo 2	14	868	2.33	18	1080	3.31
Pasillo 3	9	558	2.48	12	720	3.29
Local 1	4	248	2.58	4	240	3.05
Lab. Biología "Manuela Cañizares"	12	744	2.03	16	960	14.41
Pasillo de laboratorio de Biología	2	124	4.77	2	120	5.07
Cocina	4	248	2.73	3	180	3.9
Bar	15	930	1.73	24	1440	2.71
Educación Física "Manuela Cañizares"	8	496	2.05	12	720	2.73
Aula 4	8	496	2.17	12	720	2.86
Baños 2	4	248	2.53	4	240	1.81
Aula 5	9	558	2.31	9	540	2.98

Aula 6	8	496	2.15	8	480	2.15
Aula 7	6	372	2.76	6	360	3.85
Local 2	4	248	3.24	6	360	3.85
Baños 1	4	248	2.83	4	240	3.27
Dormitorio Conseje	6	372	2.60	8	480	3.59
Local 3	3	186	2.91	3	180	4.47

**Cuadro 4.3** Comparación de diseño Philips – Osram en la planta baja del edificio principal

#### 4.6.4.2 Edificio Principal Primera planta

LAMPARAS	Philips			Osram		
	# lámparas	P(W)	Eficiencia: W/m <sup>2</sup> /100 lx	# lámparas	P(W)	Eficiencia: W/m <sup>2</sup> /100 lx
Aula 1	12	62	1.75	15	60	2.51
Aula 2	8	62	1.9	9	60	2.77
Aula 3	8	62	1.89	9	60	2.74
Inspección General M.A.I.	8	62	2.15	12	60	2.74
Inspección Pequeña	2	62	2.57	2	60	4.1
Aula 4	8	62	1.86	9	60	2.1
Aula 5	8	62	1.9	9	60	2.77
Aula 6	8	62	1.78	9	60	2.75
Inspección General M.C.	9	62	2.14	12	60	2.61
Pasillo 1	10	62	2.05	13	60	3.22
Laboratorio de Física M.C.	22	62	1.65	22	60	2.3
Pasillo 2	4	62	1.85	6	60	2.81
Aula de atención a Padres	6	62	1.34	8	60	2.77
Pasillo 3	2	62	2.43	2	60	3.87
Auditorio	12	62	1.8	12	60	2.57

Aula 7	8	62	1.88	9	60	2.74
Aula 8	8	62	1.94	8	60	2.84
Aula 9	8	62	1.92	8	60	2.72
Aula 10	8	62	1.82	9	60	2.76
Aula 11	8	62	1.9	9	60	2.77
Aula 12	8	62	1.9	9	60	2.72
Aula 13	8	62	2.16	9	60	2.73
Aula 14	8	62	1.87	9	60	2.64
Departamento Médico MC	22	62	1.65	22	60	2.3
Pasillo 4	11	62	2.06	13	60	3.1
Sala de espera	1	62	2.21	2	60	3.83
DOBE M.C.	12	62	1.74	15	60	2.52
Aula 15	4	62	2.28	4	60	3.52
Aula 16	3	62	2.37	3	60	3.62
Sala de Computación M.C.	19	62	1.6	23	60	2.21
Aula de Costura	8	62	1.86	9	60	2.63
Aula 17	4	62	2.21	6	60	3.4
Cooperativa	3	62	2.7	4	60	4.29
Baños	2	62	2.02	3	60	3.29
Pasillo 5	7	62	2.04	8	60	3.2
Pasillo 6	2	62	2.09	3	60	3.23

**Cuadro 4.4** Comparación de diseño Philips – Osram en la primera planta del edificio principal

#### 4.6.4.3 Edificio Principal Segunda Planta

LAMPARAS	Philips			Osram		
	# lámparas	P(W)	Eficiencia: W/m <sup>2</sup> /100 lx	# lámparas	P(W)	Eficiencia: W/m <sup>2</sup> /100 lx
Aula 1	8	62	1.92	9	60	2.87
Aula 2	6	62	2.3	8	60	3.46
Aula 3	8	62	2.02	9	60	2.97
Aula 4	8	62	2.01	9	60	2.94
Aula 5	8	62	2.06	9	60	2.88
Inspección Pequeña	2	62	2.85	4	60	4.79
Aula 6	8	62	2.12	9	60	2.98
Aula 7	8	62	2.05	9	60	2.87
Aula 8	8	62	2.1	9	60	2.96
Aula 9	8	62	2.23	9	60	2.94
Aula 10	9	62	2.14	12	60	2.84
Pasillo 1	8	62	2.46	13	60	3.49
Pasillo 2	7	62	2.14	7	60	3.37
Inspección 2	1	62	3.48	2	60	3.9
Inspección 3	1	62	3.53	2	60	3.9
Aula 11	12	62	2.14	12	60	2.73
Aula 12	8	62	2.24	9	60	3.06
Aula 13	8	62	2.24	9	60	3.01
Aula 14	10	62	2.12	12	60	2.85
Aula 15	8	62	2.29	9	60	2.96
Aula 16	8	62	2.27	9	60	2.96
Aula 17	9	62	2.15	9	60	2.9
Aula 18	8	62	2.24	9	60	2.9
Aula 19	8	62	2.2	9	60	3
Aula 20	8	62	2.21	9	60	2.91
Aula 21	8	62	2.26	9	60	2.9
Inspección Pequeña	2	62	2.59	4	60	3.92
Pasillo 3	9	62	2.41	15	60	3.47

Aula 22	6	62	2.23	9	60	3.13
Aula 23	8	62	2.22	9	60	2.93
Aula 24	4	62	3	6	60	4.27
Aula 25	4	62	3.04	4	60	4.26
Bachillerato Internacional 1	12	62	1.87	6	60	3.74
Bachillerato Internacional 2	9	62	1.95	9	60	2.88
Aula 26	8	62	2.29	9	60	3.44
Baños	2	62	2.45	3	60	3.59
Gradas	4	62	3.35	4	60	3.6
Pasillo 4	7	62	2.74	9	60	3.47

**Cuadro 4.5** Comparación de diseño Philips – Osram en la primera planta del edificio principal

Como se puede ver en los cuadros 4.3, 4.4 y 4.5 la mejor opción para el diseño es la lámpara Philips TBS260 2xTL5-28W HFP C6; esta luminaria se entrega completa, es decir lista para ser conectada a la alimentación con sistema para empotrar, en el costo de la luminaria está incluido todas las piezas para que funcione correctamente.

El diseño de Iluminación realizado con la ayuda del programa computacional Dialux se encuentra detallado en los planos 4.1, 4.2, 4.3 y 4.4 del **Anexo 4**, así como sus circuitos de alimentación.

## **4.7 DISEÑO DEL SISTEMA DE FUERZA**

### **4.7.1 CRITERIOS DE DISEÑO**

Para el diseño del sistema eléctrico en bajo voltaje se utilizaron los siguientes criterios:

Se diseñan los circuitos de iluminación para 14 luminarias por circuito con una protección térmica de 10 amperios, con calibre de cable #14. *Referencia [11]*

Para el sistema de fuerza se diseñan un máximo de 5 tomacorrientes para tomas especiales y máximo de 10 tomacorrientes para servicios generales con una protección térmica de 20 amperios, con calibre de cable #12. *Referencia [12]*

Para la caída de voltaje se considera los tableros secundarios más alejados del tablero principal

El diseño del sistema de fuerza del alimentador 1 se encuentra detallado en el plano 5.1 del **Anexo 5**

El diseño de fuerza comprende de 20 alimentadores que se resumen desde el cuadro 4.6 al cuadro 4.20

EDIFICIO PRINCIPAL	Tablero Secundario	Circuito	Luminaria TBS 260	Tomacorrientes Servicios Generales	Tomacorrientes Especiales	Carga Instalada		Calibre de Cable	Protección	Fase	
						W	VA				
Planta Baja	TS1	C1		8		1600	1684,21	#12	16A	R	
		C2		7		1400	1473,68	#12	16A	S	
		C3		10		2000	2105,26	#12	20A	T	
		C4		9		1800	1894,74	#12	16A	R	
		C5		9		1800	1894,74	#12	16A	S	
		C6	12			672	707,368	#14	10A	T	
		C7	14			784	825,263	#14	10A	R	
		C8	8			448	471,579	#14	10A	S	
		C9	8			448	471,579	#14	10A	T	
		C10	RESERVA								
		C11	RESERVA								
		C12	RESERVA								
	Alimentador 1	TS2	C1		10		2000	2105,26	#12	20A	R
			C2		10		2000	2105,26	#12	20A	S
			C3		7		1400	1473,68	#12	16A	T
			C4		10		2000	2105,26	#12	20A	R
			C5			6	1200	1263,16	#12	16A	S
			C6	9			504	530,526	#14	10A	T
			C7	10			560	589,474	#14	10A	R
			C8	18			1008	1061,05	#14	10A	T
C9			10			560	589,474	#14	10A	R	
C10			14			784	825,263	#14	10A	S	
C11			15			840	884,21	#14	10A	T	
C12			SENSORES DE HUMO				120	126,31	#14	10A	R
C13	RESERVA										
C14	RESERVA										
C15	RESERVA										
C16	RESERVA										
C17	RESERVA										
C18	RESERVA										
C19	RESERVA										
C20	RESERVA										

**Cuadro 4.6** Diseño Alimentador 1

El diseño del sistema de fuerza del alimentador 2 se encuentra detallado en el plano 5.1 del **Anexo 5**

EDIFICIO PRINCIPAL	Tablero Secundario	Circuito	Luminaria TBS 260	Tomacorrientes Servicios Generales	Tomacorrientes Especiales	Carga Instalada		Calibre de Cable	Protección	Fase	
						W	VA				
Alimentador 2	TS3	C1		10		2000	2105,3	#12	20A	R	
		C2			7	1400	1473,7	#12	16A	S	
		C3		8		1600	1684,2	#12	16A	T	
		C4		9		1800	1894,7	#12	16A	R	
		C5		9		1800	1894,7	#12	16A	S	
		C6	9			504	530,53	#14	10A	T	
		C7	9			504	530,53	#14	10A	R	
		C8	10			560	589,47	#14	10A	S	
		C9	14			784	825,26	#14	10A	T	
		C10	RESERVA								
		C11	RESERVA								
		C12	RESERVA								
	TS4	C1		10		2000	2105,3	#12	20A	R	
		C2		9		1800	1894,7	#12	16A	S	
		C3		8		1600	1684,2	#12	16A	T	
		C4		8		1600	1684,2	#12	16A	R	
		C5		10		2000	2105,3	#12	20A	S	
		C6	9			504	530,53	#14	10A	T	
		C7	11			616	648,42	#14	10A	R	
		C8	12			672	707,37	#14	10A	S	
		C9	17			952	1002,1	#14	10A	T	
		C10	16			896	943,16	#14	10A	R	
		C11	RESERVA								
		C12	RESERVA								

**Cuadro 4.7** Diseño Alimentador 2

El diseño del sistema de fuerza del alimentador 3 se encuentra detallado en el plano 5.1 del **Anexo 5**

EDIFICIO PRINCIPAL	Tablero Secundario	Circuito	Luminaria TBS 260	Tomacorrientes Servicios Generales	Tomacorrientes Especiales	Carga Instalada		Calibre de Cable	Protección	Fase	
						W	VA				
Planta Baja	TS5	C1			5	1000	1052,63	#12	20A	R	
		C2			5	1000	1052,63	#12	20A	S	
		C3			5	1000	1052,63	#12	20A	T	
		C4			5	1000	1052,63	#12	20A	R	
		C5			5	1000	1052,63	#12	20A	S	
		C6			5	1000	1052,63	#12	20A	T	
		C7	SENSORES DE HUMO				120	126,316	#14	10A	R
		C8	RESERVA								
		C9	RESERVA								
		C10	RESERVA								
		C11	RESERVA								
		C12	RESERVA								
	TS6	C1				5	1000	1052,63	#12	20A	R
		C2				5	1000	1052,63	#12	20A	S
		C3				5	1000	1052,63	#12	20A	T
		C4				5	1000	1052,63	#12	20A	R
		C5				5	1000	1052,63	#12	20A	S
		C6	14				784	825,263	#14	10A	T
		C7	9				504	530,526	#14	10A	R
		C8	12				672	707,368	#14	10A	S
		C9	16				896	943,158	#14	10A	T
		C10	9				504	530,526	#14	10A	R
		C11	RESERVA								
		C12	RESERVA								
		C13	RESERVA								
		C14	RESERVA								
		C15	RESERVA								
		C16	RESERVA								
	TS7	C1				2	1000	1052,63	#12	20A	S
		C2				1	500	526,316	#12	20A	T
		C3			8		1600	1684,21	#12	20A	R
		C4				2	1000	1052,63	#12	20A	S
		C5				1	500	526,316	#12	20A	T
		C6				1	500	526,316	#12	20A	R
		C7				3	1500	1578,95	#12	20A	S
		C8	9				504	530,526	#14	10A	T
		C9	10				560	589,474	#14	10A	R
		C10	SENSORES DE HUMO				120	126,316	#14	10A	R
		C11	RESERVA								
		C12	RESERVA								
		C13	RESERVA								
		C14	RESERVA								
		C15	RESERVA								
		C16	RESERVA								

Cuadro 4.8 Diseño Alimentador 3

El diseño del sistema de fuerza del alimentador 4, 5, 6, 7 se encuentra detallado en el plano 5.1 del **Anexo 5**

EDIFICIO PRINCIPAL	Tablero Secundario	Circuito	Luminaria TBS 260	Tomacorrientes Servicios Generales	Tomacorrientes Especiales	Carga Instalada		Calibre de Cable	Protección	Fase		
						W	VA					
1RA PLANTA	Alimentador 4	TS8	C1		10		2000	2105,3	#12	20A	S	
			C2		9		1800	1894,7	#12	16A	T	
			C3		10		2000	2105,3	#12	20A	R	
			C4				4	800	842,11	#12	20A	S
			C5				5	1000	1052,6	#12	20A	T
			C6				5	1000	1052,6	#12	20A	R
			C7				5	1000	1052,6	#12	20A	S
			C8	8				448	471,58	#14	10A	R
			C9	8				448	471,58	#14	10A	R
			C10	12				672	707,37	#14	10A	S
			C11	12				672	707,37	#14	10A	T
			C12	SENSORES DE HUMO				120	126,32	#14	10A	R
			C13	RESERVA								
			C14	RESERVA								
			C15	RESERVA								
			C16	RESERVA								
Alimentador 5	Alimentador 5	TS9	C1		8		1600	1684,2	#12	16A	S	
			C2		9		1800	1894,7	#12	16A	T	
			C3		9		1800	1894,7	#12	16A	R	
			C4		10		2000	2105,3	#12	20A	S	
			C5				4	2000	2105,3	#12	20A	T
			C6				4	2000	2105,3	#12	20A	R
			C7				5	2500	2631,6	#12	20A	S
			C8	12				672	707,37	#14	10A	T
			C9	16				896	943,16	#14	10A	R
			C10	10				560	589,47	#14	10A	S
			C11	12				672	707,37	#14	10A	T
			C12	12				672	707,37	#14	10A	R
			C13	RESERVA								
			C14	RESERVA								
			C15	RESERVA								
			C16	RESERVA								

Cuadro 4.9 Diseño Alimentador 4 y 5

EDIFICIO PRINCIPAL	Tablero Secundario	Circuito	Luminaria TBS 260	Tomacorrientes Servicios Generales	Tomacorrientes Especiales	Carga Instalada		Calibre de Cable	Protección	Fase	
						W	VA				
Alimentador 6	TS10	C1		10		2000	2105,26	#12	20A	R	
		C2		11		2200	2315,79	#12	20A	S	
		C3		10		2000	2105,26	#12	20A	T	
		C4		10		2000	2105,26	#12	20A	R	
		C5		10		2000	2105,26	#12	20A	S	
		C6		9		1800	1894,74	#12	16A	T	
		C7	12			672	707,368	#14	10A	R	
		C8	16			896	943,158	#14	10A	S	
		C9	16			896	943,158	#14	10A	T	
		C10	14			784	825,263	#14	10A	R	
		C11	8			448	471,579	#14	10A	S	
		C12	16			896	943,158	#14	10A	T	
		C13	16			896	943,158	#14	10A	R	
		C14	RESERVA								
		C15	RESERVA								
		C16	RESERVA								
Alimentador 7	TS11	C1		10		2000	2105,26	#12	20A	S	
		C2		10		2000	2105,26	#12	20A	T	
		C3		7		1400	1473,68	#12	16A	R	
		C4	12			672	707,368	#12	10A	S	
		C5	10			560	589,474	#12	10A	T	
		C6	SENSORES DE HUMO				120	126,316	#14	10A	R
		C7	RESERVA								
		C8	RESERVA								
		C9	RESERVA								
		C10	RESERVA								
		C11	RESERVA								
		C12	RESERVA								
	TS12	C1				3	1500	1578,95	#12	16A	S
		C2				4	2000	2105,26	#12	20A	T
		C3				4	2000	2105,26	#12	20A	R
		C4				4	2000	2105,26	#12	20A	S
		C5				4	2000	2105,26	#12	20A	T
		C6				4	2000	2105,26	#12	20A	R
		C7		8			1600	1684,21	#12	16A	S
		C8		10			2000	2105,26	#12	20A	T
C9	11				616	648,421	#14	10A	R		
C10	12				672	707,368	#14	10A	S		
C11	11				616	648,421	#14	10A	T		
C12	RESERVA										
C13	RESERVA										
C14	RESERVA										
C15	RESERVA										
C16	RESERVA										

Cuadro 4.10 Diseño Alimentador 6 y 7

El diseño del sistema de fuerza del alimentador 8 se encuentra detallado en el plano 5.1 del **Anexo 5**

EDIFICIO PRINCIPAL	Tablero Secundario	Circuito	Luminaria TBS 260	Tomacorrientes Servicios Generales	Tomacorrientes Especiales	Carga Instalada		Calibre de Cable	Protección	Fase			
						W	VA						
1RA PLANTA	Alimentador 8	TS13	C1			4	2000	2105,3	#12	20A	R		
			C2			4	2000	2105,3	#12	20A	R		
			C3			4	2000	2105,3	#12	20A	R		
			C4			4	2000	2105,3	#12	20A	R		
			C5			4	2000	2105,3	#12	20A	R		
			C6			4	2000	2105,3	#12	20A	R		
			C7			4	2000	2105,3	#12	20A	R		
			C8			4	2000	2105,3	#12	20A	R		
			C9			4	2000	2105,3	#12	20A	R		
			C10			4	2000	2105,3	#12	20A	R		
			C11			4	2000	2105,3	#12	20A	R		
			C12			4	2000	2105,3	#12	20A	R		
			C13			4	2000	2105,3	#12	20A	R		
			C14			4	2000	2105,3	#12	20A	R		
			C15		7			1400	1473,7	#12	16A	R	
			C16	9				504	530,53	#14	10A	R	
			C17	10				560	589,47	#14	10A	R	
			C18	11				616	648,42	#14	10A	R	
			C19	RESERVA									
			C20	RESERVA									
			C21	RESERVA									
			C22	RESERVA									
			C23	RESERVA									
			C24	RESERVA									

**Cuadro 4.11** Diseño Alimentador 8

El diseño del sistema de fuerza del alimentador 9 y 10 se encuentra detallado en el plano 5.2 del **Anexo 5**

EDIFICIO PRINCIPAL	Tablero Secundario	Circuito	Luminaria TBS 260	Tomacorrientes Servicios Generales	Tomacorrientes Especiales	Carga Instalada		Calibre de Cable	Protección	Fase		
						W	VA					
2DA PLANTA	Alimentador 9	TS14	C1		10		2000	2105,26	#12	20A	R	
			C2		10		2000	2105,26	#12	20A	S	
			C3		10		2000	2105,26	#12	20A	T	
			C4		10		2000	2105,26	#12	20A	R	
			C5		10		2000	2105,26	#12	20A	S	
			C6		8		1600	1684,21	#12	16A	T	
			C7		10		2000	2105,26	#12	20A	R	
			C8	16			896	943,158	#14	10A	S	
			C9	16			896	943,158	#14	10A	T	
			C10	14			784	825,263	#14	10A	R	
			C11	16			896	943,158	#14	10A	S	
			C12	15			840	884,211	#14	10A	T	
			C13	10			560	589,474	#14	10A	R	
			C14	17			952	1002,11	#14	10A	S	
			C15	14			784	825,263	#14	10A	T	
			C16	SENSORES DE HUMO				120	126,316	#14	10A	R
			C17	RESERVA								
			C18	RESERVA								
			C19	RESERVA								
			C20	RESERVA								
			C21	RESERVA								
			C22	RESERVA								
			C23	RESERVA								
			C24	RESERVA								
Alimentador 10	TS15	C1		10		2000	2105,26	#12	20A	R		
		C2		10		2000	2105,26	#12	20A	S		
		C3		11		2200	2315,79	#12	20A	T		
		C4		11		2200	2315,79	#12	20A	R		
		C5		10		2000	2105,26	#12	20A	S		
		C6	16			896	943,158	#14	10A	T		
		C7	9			504	530,526	#14	10A	R		
		C8	16			896	943,158	#14	10A	S		
		C9	10			560	589,474	#14	10A	T		
		C10	16			896	943,158	#14	10A	T		
		C11	9			504	530,526	#14	10A	R		
		C12	9			504	530,526	#14	10A	S		
		C13	SENSORES DE HUMO				120	126,316	#14	10A	T	
		C14	RESERVA									
		C15	RESERVA									
		C16	RESERVA									

Cuadro 4.12 Diseño Alimentador 9 y 10

El diseño del sistema de fuerza del alimentador 11 y 12 se encuentra detallado en el plano 5.2 del **Anexo 5**

EDIFICIO PRINCIPAL	Tablero Secundario	Circuito	Luminaria TBS 260	Tomacorrientes Servicios Generales	Tomacorrientes Especiales	Carga Instalada		Calibre de Cable	Protección	Fase
						W	VA			
Alimentador 11	TS16	C1		10		2000	2105,3	#12	20A	R
		C2		11		2200	2315,8	#12	20A	S
		C3		10		2000	2105,3	#12	20A	T
		C4		9		1800	1894,7	#12	16A	R
		C5		7		1400	1473,7	#12	16A	S
		C6	13			728	766,32	#14	10A	T
		C7	14			784	825,26	#14	10A	R
		C8	11			616	648,42	#14	10A	S
		C9	14			784	825,26	#14	10A	T
		C10	12			672	707,37	#14	10A	R
		C11	SENSORES DE HUMO			120	126,32	#14	10A	S
		C12	RESERVA							
		C13	RESERVA							
		C14	RESERVA							
		C15	RESERVA							
		C16	RESERVA							

**Cuadro 4.13** Diseño Alimentador 11

EDIFICIO RAUL LOPEZ	Tablero Secundario	Circuito	Luminaria TBS 260	Tomacorrientes Servicios Generales	Tomacorrientes Especiales	Carga Instalada		Calibre de Cable	Protección	Fase
						W	VA			
ALIMENTADOR 12	TS17	C1		8		1600	1684,2	#12	16A	R
		C2		10		2000	2105,3	#12	20A	R
		C3		9		1800	1894,7	#16	20A	R
		C4	16			896	943,16	#14	10A	R
		C5	10			560	589,47	#14	10A	R
		C6	14			784	825,26	#14	10A	R
		C7	SENSORES DE HUMO			120	126,32	#14	10A	R
		C8	RESERVA							
		C9	RESERVA							
		C10	RESERVA							
		C11	RESERVA							
		C12	RESERVA							

**Cuadro 4.14** Diseño Alimentador 12

El diseño del sistema de fuerza del alimentador 13 y 14 se encuentra detallado en el plano 5.2 del **Anexo 5**

EDIFICIO RAUL LOPEZ	Tablero Secundario	Circuito	Luminaria TBS 260	Tomacorrientes Servicios Generales	Tomacorrientes Especiales	Carga Instalada		Calibre de Cable	Protección	Fase	
						W	VA				
ALIMENTADOR 13	TS18	C1			5	2000	2632	#12	20A	R	
		C2			5	2000	2632	#12	20A	S	
		C3			5	2000	2632	#12	20A	T	
		C4			5	2000	2632	#12	20A	R	
		C5			5	2000	2632	#12	20A	S	
		C6	RESERVA								
		C7	RESERVA								
		C8	RESERVA								
		C9	RESERVA								
		C10	RESERVA								
		C11	RESERVA								
		C12	RESERVA								
ALIMENTADOR 14	TS19	C1			5	2000	2632	#12	20A	T	
		C2			5	2000	2632	#12	20A	R	
		C3			5	2000	2632	#12	20A	S	
		C4			5	2000	2632	#12	20A	T	
		C5			5	2000	2632	#12	20A	R	
		C6			5	2000	2632	#12	20A	S	
		C7			5	2000	2632	#12	20A	T	
		C8			5	2000	2632	#12	20A	R	
		C9			5	2000	2632	#12	20A	S	
		C10			5	2000	2632	#12	20A	R	
		C11	RESERVA								
		C12	RESERVA								
		C13	RESERVA								
		C14	RESERVA								
		C15	RESERVA								
		C16	RESERVA								

Cuadro 4.15 Diseño Alimentador 13 y 14

El diseño del sistema de fuerza del alimentador 15 se encuentra detallado en el plano 5.2 del **Anexo 5** y el diseño del sistema de fuerza del Alimentador 16 se encuentra detallado en el plano 5.3 del **Anexo 5**

EDIFICIO RAUL LOPEZ	Tablero Secundario	Circuito	Luminaria TBS 260	Tomacorrientes Servicios Generales	Tomacorrientes Especiales	Carga Instalada		Calibre de Cable	Protección	Fase	
						W	VA				
ALIMENTADOR 15	TS20	C1		8		1600	1684,21	#12	16A	R	
		C2		9		1800	1894,74	#12	16A	S	
		C3		8		1600	1684,21	#12	16A	T	
		C4		10		2000	2105,26	#12	20A	R	
		C5		8		1600	1684,21	#12	16A	S	
		C6	16			896	943,158	#14	10A	T	
		C7	15			840	884,211	#14	10A	R	
		C8	11			616	648,421	#14	10A	S	
		C9	12			672	707,368	#14	10A	T	
		C10	10			560	589,474	#14	10A	R	
		C11	SENSORES DE HUMO				120	126,316	#14	10A	S
		C12	RESERVA								
		C13	RESERVA								
		C14	RESERVA								
		C15	RESERVA								
		C16	RESERVA								
ALIMENTADOR 16	TS21	C1		10		2000	2105,26	#12	20A	T	
		C2		10		2000	2105,26	#12	20A	R	
		C3		7		1400	1473,68	#12	16A	S	
		C4		10		2000	2105,26	#12	20A	T	
		C5	15			840	884,211	#14	10A	R	
		C6	12			672	707,368	#14	10A	S	
		C7	16			896	943,158	#14	10A	T	
		C8	16			896	943,158	#14	10A	R	
		C9	SENSORES DE HUMO				120	126,316	#14	10A	S
		C10	RESERVA								
		C11	RESERVA								
		C12	RESERVA								
	TS22	C1		7		1400	1473,68	#12	20A	R	
		C2		8		1600	1684,21	#12	20A	S	
		C3		10		2000	2105,26	#12	20A	T	
		C4		7		1400	1473,68	#12	20A	R	
		C5		10		2000	2105,26	#12	20A	S	
		C6	13			728	766,316	#14	10A	T	
		C7	16			896	943,158	#14	10A	R	
		C8	16			896	943,158	#14	10A	S	
		C9	14			784	825,263	#14	10A	T	
		C10	SENSORES DE HUMO				120	126,316	#14	10A	R
		C11	RESERVA								
		C12	RESERVA								
C13	RESERVA										
C14	RESERVA										
C15	RESERVA										
C16	RESERVA										

Cuadro 4.16 Diseño Alimentador 15 Y 16

El diseño del sistema de fuerza del alimentador 17 y 18 se encuentra detallado en el plano 5.3 del **Anexo 5**

EDIFICIO BLOQUE NUEVO	Tablero Secundario	Circuito	Luminaria TBS 260	Tomacorrientes Servicios Generales	Tomacorrientes Especiales	Carga Instalada		Calibre de Cable	Protección	Fase	
						W	VA				
ALIMENTADOR 17	TS23	C1		10		2000	2105,26	#12	20A	R	
		C2		10		2000	2105,26	#12	20A	S	
		C3	12			672	707,368	#14	10A	T	
		C4	12			672	707,368	#14	10A	R	
		C5	11			616	648,421	#14	10A	S	
		C6	11			616	648,421	#14	10A	T	
		C7	SENSORES DE HUMO				120	126,316	#14	10A	R
		C8	RESERVA								
		C9	RESERVA								
		C10	RESERVA								
		C11	RESERVA								
		C12	RESERVA								
	TS24	C1				5	2000	2105,26	#12	20A	S
		C2				5	2000	2105,26	#12	20A	R
		C3				5	2000	2105,26	#12	20A	R
		C4				5	2000	2105,26	#12	20A	S
		C5	RESERVA								
		C6	RESERVA								
		C7	RESERVA								
		C8	RESERVA								
	ALIMENTADOR 18	TS25	C1			5	2000	2105,26	#12	20A	T
			C2			5	2000	2105,26	#12	20A	R
			C3			5	2000	2105,26	#12	20A	S
			C4			5	2000	2105,26	#12	20A	T
C5					5	2000	2105,26	#12	20A	R	
C6			SENSORES DE HUMO				120	126,316	#14	20A	S
C7			RESERVA								
C8			RESERVA								
C9											
C10											
C11											
C12											
TS26		C1				5	2000	2105,26	#12	20A	R
		C2				5	2000	2105,26	#12	20A	S
		C3				5	2000	2105,26	#12	20A	T
		C4	12				672	707,368	#14	10A	R
		C5	12				672	707,368	#14	10A	S
		C6	12				672	707,368	#14	10A	T
		C7	9				504	530,526	#14	10A	R
		C8	RESERVA								
		C9	RESERVA								
		C10	RESERVA								
		C11	RESERVA								
		C12	RESERVA								

**Cuadro 4.17** Diseño Alimentador 17 y 18

El diseño del sistema de fuerza del alimentador y 18 se encuentra detallado en el plano 5.3 del **Anexo 5**

EDIFICIO BLOQUE NUEVO	Tablero Secundario	Circuito	Luminaria TBS 260	Tomacorrientes Servicios Generales	Tomacorrientes Especiales	Carga Instalada		Calibre de Cable	Protección	Fase	
						W	VA				
ALIMENTADOR 18	TS27	C1		5		1000	1052,6	#12	16A	R	
		C2		5		1000	1052,6	#12	16A	S	
		C3		5		1000	1052,6	#12	16A	T	
		C4		5		1000	1052,6	#12	16A	T	
		C5		5		1000	1052,6	#12	16A	S	
		C6	RESERVA								
		C7	RESERVA								
		C8	RESERVA								

**Cuadro 4.18** Diseño Alimentador 18 TS27

El diseño del sistema de fuerza del alimentador 19 se encuentra detallado en el plano 5.4 del **Anexo 5**

AULAS UNITARIAS	Tablero Secundario	Circuito	Luminaria TBS 260	Tomacorrientes Servicios Generales	Tomacorrientes Especiales	Carga Instalada		Calibre de Cable	Protección	Fase	
						W	VA				
ALIMENTADOR 19	TS28	C1		11		2200	2315,79	#12	20A	R	
		C2		11		2200	2315,79	#12	20A	S	
		C3	15			840	884,211	#14	10A	T	
		C4	15			840	884,211	#14	10A	R	
		C5	10			560	589,474	#14	10A	S	
		C6	RESERVA								
		C7	RESERVA								
		C8	RESERVA								
		C9	RESERVA								
		C10	RESERVA								
		C11	RESERVA								
		C12	RESERVA								
	TS29	C1			11		2200	2315,79	#12	20A	R
		C2			10		2000	2105,26	#12	20A	S
		C3	9				504	530,526	#14	10A	T
		C4	12				672	707,368	#14	10A	R
		C5	9				504	530,526	#14	10A	S
		C6	12				672	707,368	#14	10A	T
		C7	RESERVA								
		C8	RESERVA								
		C9	RESERVA								
		C10	RESERVA								
		C11	RESERVA								
		C12	RESERVA								

**Cuadro 4.19** Diseño Alimentador 19

El diseño del sistema de fuerza del alimentador 19 se encuentra detallado en el plano 5.4 del **Anexo 5**

BLOQUE EXTERNO	Tablero Secundario	Circuito	Luminaria TBS 260	Tomacorrientes Servicios Generales	Tomacorrientes Especiales	Carga Instalada		Calibre de Cable	Protección	Fase		
						W	VA					
Alimentador 20	TS30	C1		11		2200	2315,79	#12	20A	R		
		C2		9		1800	1894,74	#12	20A	S		
		C3		10		2000	2105,26	#12	20A	T		
		C4		8		1600	1684,21	#12	20A	R		
		C5	11			616	648,421	#14	10A	S		
		C6	12			672	707,368	#14	10A	T		
		C7	15			840	884,211	#14	10A	R		
		C8	13			728	766,316	#14	10A	S		
		C9	15			840	884,211	#14	10A	T		
		C10	SENSORES DE HUMO				120	126,316	#14	10A	T	
		C11	RESERVA									
		C12	RESERVA									
		C13	RESERVA									
		C14	RESERVA									
		C15	RESERVA									
		C16	RESERVA									
		TS31	C1		9		1800	1894,74	#12	20A	R	
			C2		7		1400	1473,68	#12	20A	S	
			C3		10		2000	2105,26	#12	20A	T	
			C4		10		2000	2105,26	#12	20A	S	
			C5	12			672	707,368	#14	10A	S	
			C6	14			784	825,263	#14	10A	R	
			C7	12			672	707,368	#14	10A	S	
			C8	14			784	825,263	#14	10A	T	
			C9	9			504	530,526	#14	10A	T	
			C10	SENSORES DE HUMO				120	126,316	#14	10A	R
			C11	RESERVA								
			C12	RESERVA								
			C13	RESERVA								
			C14	RESERVA								
			C15	RESERVA								
			C16	RESERVA								

**Cuadro 4.20** Diseño Alimentador 20

## 4.8 DISEÑO DE LA ACOMETIDA

La acometida viene desde la línea de mediana voltaje hacia el transformador.

**Para Medio Voltaje:**

6300 V

Transformador 3Φ 250 kVA 6300V / 220

$$I = \frac{S}{V}$$

$$I = \frac{250000VA}{\sqrt{3} * 6300V}$$

$$I = 22.9 A$$

Seccionador fusible de 40 A

Se muestra la imagen del seccionador fusible en la figura 4.15

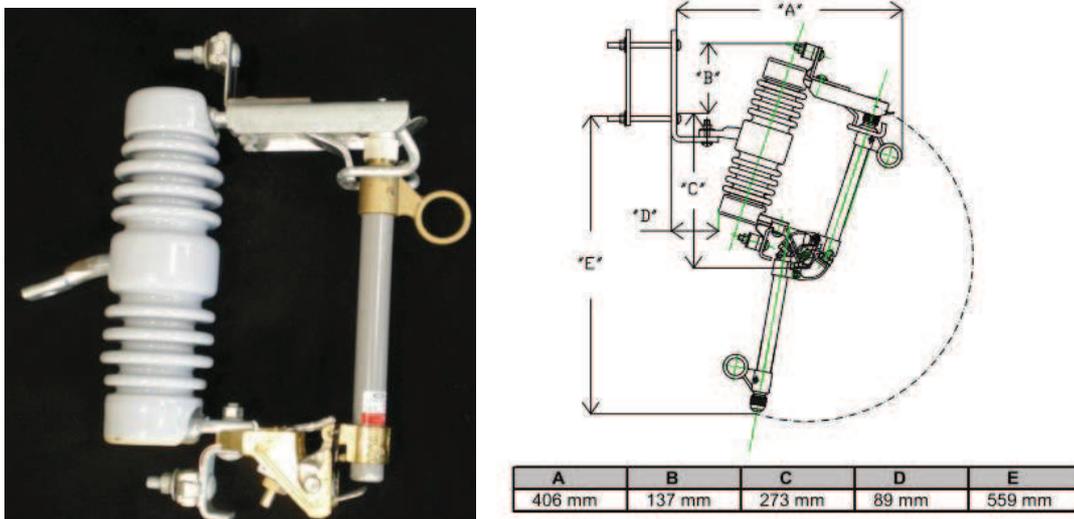


Figura 4.15 Imagen de un seccionador fusible

## 4.9 DISEÑO DE LA CAMARA DE TRANSFORMACIÓN

### 4.9.1 REFERENCIAS

**Centro de transformación:** es el centro de transformación instalada en un local cubierto diseñado y construido exclusivamente para el alojamiento del o los transformadores de distribución y sus equipos en redes de distribución principalmente subterráneas. *Referencia [14]*

**Demanda Máxima Unitaria (DMU):** Es el máximo valor de la potencia, expresada en vatios, o kVA que se transfiere a la red eléctrica de distribución de bajo voltaje a la instalación del consumidor tipo, durante el periodo de máximo requerimiento. *Referencia [14]*

**Demanda Máxima Unitaria Proyectada (DMUp):** Expresada en kW - mes-abonado, kW o kVA indica los incrementos de la DMU durante el periodo de vida útil de la instalación originados en la intensificación progresiva en el uso de artefactos electrodomésticos. *Referencia [14]*

**Factor de Demanda (FDM)** Es la relación de la demanda máxima de un sistema a la carga instalada, indica la fracción de carga instalada que es utilizada simultáneamente en el periodo de máximo requerimiento y permite evaluar los valores adoptados por comparación con aquellos en instalaciones existentes similares. *Referencia [14]*

**Factor de Frecuencia de Uso:** Sera determinado para cada uno de las cargas instaladas en función del número de usuarios que se considera que disponen del artefacto correspondiente dentro del grupo de consumidores; vale decir, que aquellos artefactos esenciales de los cuales dispondrán la mayor parte de los usuarios tendrán un factor cuya magnitud se ubicara en el rango superior, y aquellos que se consideren accesorios o suntuarios y cuya utilización sea limitada por su costo o su disponibilidad en el mercado tendrán un factor de magnitud media y baja. *Referencia [14]*

#### 4.9.2 DIMENSIONAMIENTO DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

Se emplea la normativa de la empresa eléctrica Quito para calcular la potencia del transformador a ser utilizado.

Para la acometida de alto voltaje se utiliza seccionadores fusible de 40 amperios.

Para baja tensión se utiliza un fusible NH3630 500V para corriente simétrica de c.c.120 kA

El cálculo del transformador a ser utilizado se muestra en el cuadro 4.21

RENGLÓN	APARATOS ELÉCTRICOS Y DE ALUMBRADO			CI (W)	FFUn (%)	CIR (W)	FSn (%)	DMU (W)	
	DESCRIPCIÓN	CANT	PN (W)						
1	Puntos de Iluminación	1268	62	78616	100	78616	80	62892.8	
2	Tomacorrientes	1098	150	164700	100	164700	10	16470	
3	Televisión	18	300	5400	50	2700	20	540	
4	Radio	35	50	1750	50	875	20	175	
5	Cafetera	12	800	9600	60	5760	30	1728	
6	Copiadora	5	900	4500	50	2250	20	450	
7	Microondas	8	1500	12000	60	7200	40	2880	
8	Impresora	30	450	13500	100	13500	70	9450	
9	Proyector	9	750	6750	50	3375	25	843.75	
10	Nevera	6	400	2400	90	2160	40	864	
11	Computadoras	261	500	130500	80	104400	70	73080	
TOTALES				429716		385536		169373.55	
FACTOR DE POTENCIA				0.95	FACTOR DE DEMANDA				0.44
					DMU/CIR				
					FDM				
DMU(kVA)				178.2879	Capacidad del transformador (kVA)				250
Ti (%)				2.5					
FC									
=(1+ti/100)^15				1.448298					
DMUp				258.2141					

**Cuadro 4.21** Cálculo de la potencia del transformador

De acuerdo al cálculo el transformador a utilizar es de 250kVA. Con una sobrecarga del 3% al transformador

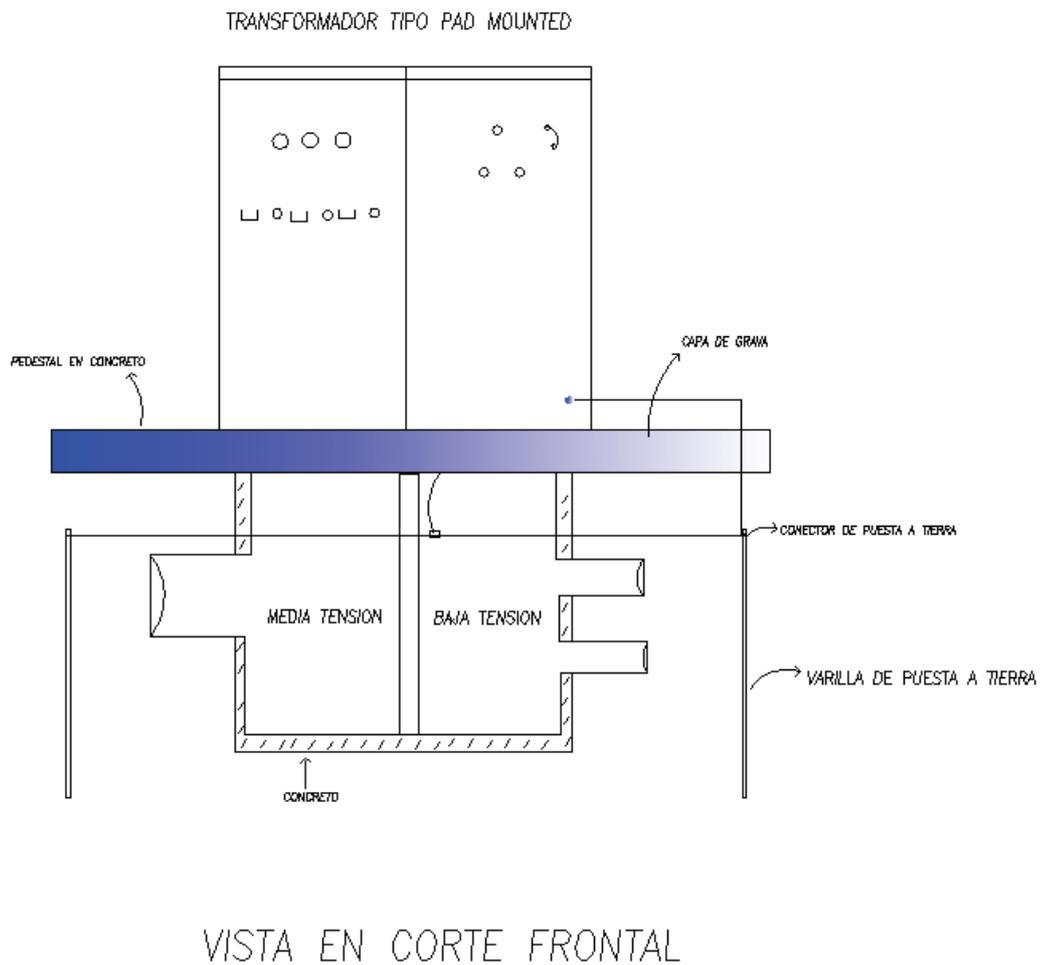
El tipo de transformador adecuado para las instalaciones es de tipo "PadMounted" Los transformadores de distribución trifásica Tipo Padmounted es diseñado para servicio subterráneo y exterior montado sobre una base de concreto. El transformador es armado con los compartimientos de alto y bajo voltaje separados, y equipados con puertas frontales. El compartimiento de alto voltaje no es accesible mientras la puerta del compartimiento de baja tensión esté abierta. El compartimiento de bajo voltaje tiene una provisión para que el usuario instale un candado para seguridad. Todas las partes vivas se encuentran en compartimientos totalmente bloqueados adecuadamente por seguridad. Una cubierta sobre la toma del tanque es accesible a través del gabinete y proporciona la protección contra daños por vandalismo y el medio ambiente. *Referencia [15]*

En la Figura 4.16 se muestra un transformador "PadMounted" marca ABB



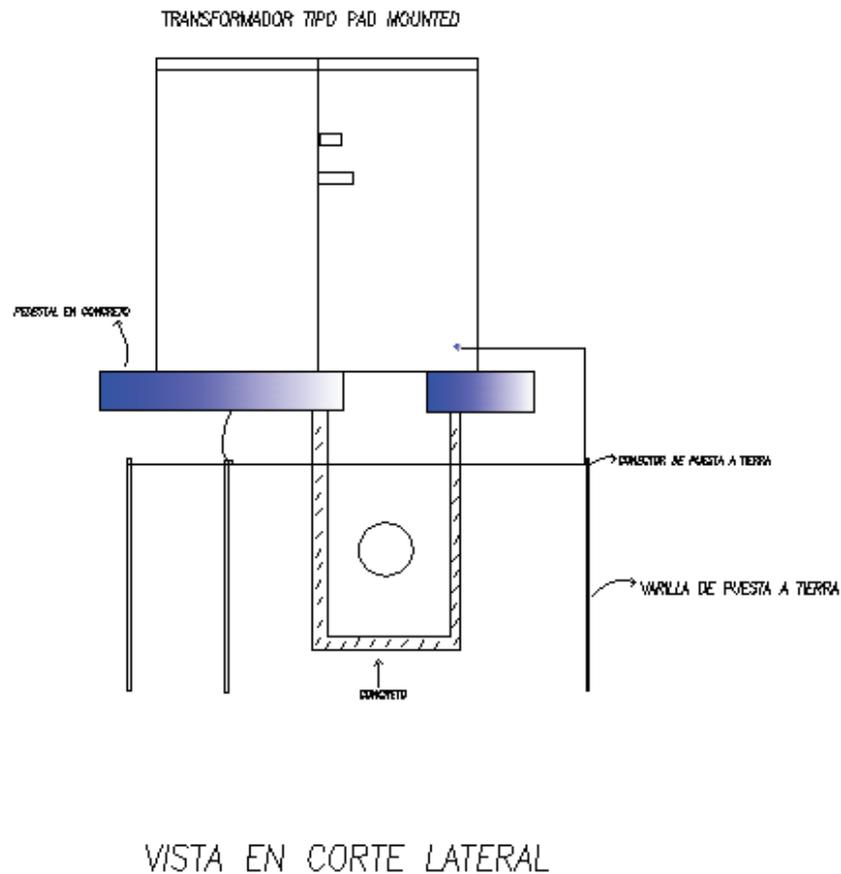
**Figura 4.16** transformador padmounted ABB

El corte frontal de la instalación del transformador padmounted se muestra en la figura 4.17



**Figura 4.17** Transformador Tipo PAD MOUNTED vista Frontal

El corte frontal de la instalación del transformador padmounted se muestra en la figura 4.18



**Figura 4.18** Transformador Tipo PAD MOUNTED vista lateral

#### 4.10 DISEÑO DE LA ACOMETIDA PARA BAJO VOLTAJE

Para un voltaje de 220 V

Transformador 3 $\Phi$  250 kVA 13200V / 220

$$I = \frac{S}{V}$$

$$I = \frac{250000VA}{\sqrt{3} * 220V}$$

$$I = 650 A$$

Fusible NH3630A – 500V – Poder de Corte 120 kA – Embalaje 1/6

Se muestra un fusible NH3630A-500V en la figura 4.19



**Figura 4.19** Imagen Fusible NH 630 – 500V

Conductor 4x1000 MCM TTU – Cobre

Se muestra el diseño del diagrama Unifilar completo en el plano 6.4 del **Anexo 6**.

#### **4.11 ESTUDIO DE LA CARGA POR EDIFICIO**

La carga en la unidad educativa Experimental “Manuela Cañizares” es en su mayoría resistiva, con un factor de potencia cercano a uno, siendo una gran parte conformada por computadores, iluminación, tomacorrientes y aparatos eléctricos varios. En el Edificio Principal se usan 16 tableros secundarios para suplir toda la carga

La carga proyectada del Edificio Principal se muestra en el cuadro 4.22

Edificio Principal	Iluminación		Tomas
	Luminaria tbs 2x28	focos	
Planta Baja	304	0	256
Primera planta	288	0	287
Segunda planta	272	0	167
<b>Total</b>	864	0	710
<b>Potencia (W)</b>	53568	0	106500
<b>Potencia Total (W)</b>	<b>160068</b>		

**Cuadro 4.22** Carga del Edificio principal

La carga proyectada adicional del Edificio Principal se muestra en el cuadro 4.23

Ubicación	PCs	Otros								
		Tv/ventilador	radios/dvd	cafetera	copiadora	microondas	impresora	proyector	nevera	licuadora
Planta Baja	65	10	20	7	4	5	14	1	4	2
Primera planta	65	5	6	2		3	5	4	2	
Segunda planta	11	3	6	1			1	2		
<b>Total</b>	141	18	32	10	4	8	20	7	6	2
<b>Potencia (W)</b>	70500	5400	1600	8000	3600	12000	9000	5250	2400	300
<b>Potencia T(W)</b>	<b>118050</b>									

**Cuadro 4.23** Cargas Adicionales del Edificio Principal

En el Edificio Raúl López se diseñan 6 tableros secundarios para suplir toda la carga

La carga proyectada para el Edificio Raúl López se muestra en el cuadro 4.24 y 4.25

Edificio Raúl López	Iluminación		Tomas
	Luminaria TBS 2x28W	focos	
Sub Suelo	40	0	52
Planta Baja	57	0	93
Primera planta	59	0	43
Segunda planta	59	0	46
<b>Total</b>	215	0	234
<b>Potencia (W)</b>	17200	0	35100
<b>Potencia Total (W)</b>	<b>52300</b>		

**Cuadro 4.24** Carga de iluminación y fuerza del Ed. Raúl López

Ubicación	PCs	Otros			
		radios/dvd	cafetera	impresora	proyector
Sub Suelo	25				
Planta Baja	34		1	1	
Primera planta	1		1	1	1
Segunda planta	1	1		1	
<b>Total</b>	61	1	2	3	1
<b>Potencia (W)</b>	30500	50	1600	1350	750
<b>Potencia Total (W)</b>	<b>34250</b>				

**Cuadro 4.25** Cargas Adicionales del Ed. Raúl López

En el Bloque Nuevo se diseñan 5 tableros secundarios para suplir toda la carga.

La carga proyectada para el Bloque Nuevo se muestra en el cuadro 4.26 y 4.27

Bloque Nuevo	Iluminación		Tomas
	Luminaria TBS 2x26	focos	
<b>Planta Baja</b>	45	0	59
<b>Primera alta</b>	46	0	45
<b>Total</b>	91	0	104
<b>Potencia (W)</b>	7280	0	15600
<b>Potencia Total (W)</b>	<b>22880</b>		

**Cuadro 4.26** Carga de iluminación y fuerza del  
Bloque Nuevo

Bloque Nuevo	PCs	Otros				
		radios/dvd	copiadora	impresora	proyector	Amplificador
<b>Planta Baja</b>	17		1	3	1	
<b>Planta Alta</b>	20	1		3		
<b>Total</b>	37	1	1	6	1	1
<b>Potencia (W)</b>	18500	50	900	2700	750	1200
<b>Potencia Total (W)</b>	<b>24100</b>					

**Cuadro 4.27** Cargas Adicionales del Bloque Nuevo

En las Aulas Unitarias se diseñan 2 tableros secundarios para suplir toda la carga.

La carga para las Aulas Unitarias se muestra en el cuadro 4.28 y 4.29

Aulas Unitarias	Iluminación		Tomas
	Luminaria TBS 2x28W	focos	
<b>Aulas Unitarias</b>	86	0	44
<b>Auditorio</b>	12	0	14
<b>Total</b>	98	0	58
<b>Potencia (W)</b>	7840	0	8700
<b>Potencia Total (W)</b>	<b>16540</b>		

**Cuadro 4.28** Carga de iluminación y fuerza de Aulas Unitarias y Auditorio

Ubicación	PCs	Otros		
		Tv/ventilador	radios/dvd	impresora
<b>A. unitarias y Auditorio</b>	2	1	1	1
<b>Total</b>	2	1	1	1
<b>Potencia (W)</b>	1000	50	50	450
<b>Potencia Total (W)</b>	<b>1550</b>			

**Cuadro 4.29** Cargas Adicionales de Aulas Unitarias y Auditorio

## 4.12 DISEÑO DE ALIMENTADORES

En el cuadro 4.30 se muestra los alimentadores por cada tablero secundario.

Ubicación		Alimentador	Tablero Secundario	Fase
Edificio Principal	Planta Baja	1	TS1, TS2	R,S,T,N
		2	TS3, TS4	R,S,T,N
		3	TS5, TS6, TS7	R,S,T,N
	Primera Planta	4	TS8	R,S,T,N
		5	TS9	R,S,T,N
		6	TS10	R,S,T,N
		7	TS11, TS12	R,S,T,N
		8	TS13	R,S,T,N
	Segunda Planta	9	TS14	R,S,T,N
		10	TS15	R,S,T,N
		11	TS16	R,S,T,N
Edificio Raúl López	Sub Suelo	12	TS17	R,S,T,N
		13	TS18	R,S,T,N
	Planta Baja	14	TS19	R,S,T,N
		15	TS20	R,S,T,N
	Primera Planta	16	TS21	R,S,T,N
	Segunda Planta		TS22	R,S,T,N
Bloque Nuevo	Planta Baja	17	TS23,TS24	R,S,T,N
	Planta Alta	18	TS25, TS26, TS27	R,S,T,N
Aulas Unitarias		19	TS28,TS29	R,S,T,N

**Cuadro 4.30** Ubicación de Tableros Secundarios

El diseño de los alimentadores para cada tablero secundario de distribución se encuentra detallado en los planos 6.1, 6.2 y 6.3 del **Anexo 6**

### 4.13 DIMENSIONAMIENTO DE CONDUCTORES Y CAIDAS DE VOLTAJE.

**Caída de voltaje por alimentador.**

$$(\%)\Delta V = K_2 * \frac{L * I}{S * V}$$

Dónde:

**L:** longitud del conductor en un sentido [m]

**S:** sección del conductor [ $mm^2$ ]

**$\Delta V$ :** Caída de voltaje.

**$K_2$ :** (4) sistema monofásico 2 hilos (F+N)

(4) sistema monofásico 3 hilos (2F+N)

(2) sistema trifásico 4 hilos (3F+N)

( $2\sqrt{3}$ ) sistema trifásico 3 hilos (3F)

Para nuestro caso se elegirá la el valor de  $K_2$ : 2, debido a que el sistema que tiene la unidad educativa es trifásica con 4 hilos.

$$I = \frac{P}{K * V * fp} = \frac{S}{K * V}$$

**P:** Potencia activa [w].

**S:** Potencia aparente [VA].

**I:** Corriente [A]

**Fp:** factor de potencia.

**V:** Voltaje fase-neutro, si no hay neutro fase-fase

**K:** 2, para sistema trifásico 4 hilos (3F+N)

**Edificio Principal:** Se tomará en cuenta el alimentador con la mayor longitud en cada sección del plantel

### Planta Baja

**K<sub>2</sub>: 2, L: 93.75m, V: 127V, S: 85mm<sup>2</sup> (conductor 3/0)**

$$I = \frac{P}{3 * V * \cos(\Phi)}$$

$$I = 118.33$$

$$(\%) \Delta V = K_2 * \frac{L * I}{S * V}$$

$$(\%) \Delta V = 2 * \frac{93.75 * 118.33}{85 * 127}$$

$$(\%) \Delta V = 2.05$$

En el cuadro 4.31 se muestra el cálculo de la caída de Voltaje para los tableros secundarios más alejados de cada Edificio.

Cálculo de Caída de Voltaje						
		Longitud	Sección	Corriente	K <sub>2</sub>	Caída de Voltaje
Edificio Principal	Planta Baja	93.75 m	85〔mm〕 <sup>2</sup> (conductor 3/0)	118.33	2	2.05%
	Primera Planta	91 m	85〔mm〕 <sup>2</sup> (conductor 3/0)	148.3	2	2.50%
	Segunda Planta	82.83 m	53.5〔mm〕 <sup>2</sup> (conductor 1/0)	35	2	0.90%
Edificio Raúl López		130 m	85〔mm〕 <sup>2</sup> (conductor 3/0)	93.33	2	2.24%
Bloque Nuevo		234.4 m	85〔mm〕 <sup>2</sup> (conductor 3/0)	56.66	2	2.46%

**Cuadro 4.31** Cálculo de caída de Voltaje

El diseño de los alimentadores para cada tablero secundario de distribución se encuentra detallado en los planos 6.1, 6.2 y 6.3 del **Anexo 6**

#### **4.14 DISEÑO DEL SISTEMA DE COMUNICACIONES**

El diseño del sistema de comunicaciones se realizará en el capítulo 6 en la parte de cableado estructurado.

#### **4.15 DISEÑO DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA**

##### **Requisitos de un sistema de puesta a tierra**

- a) Garantizar condiciones de seguridad a los seres vivos
- b) Presentar mínima variación de la resistencia debida a cambios ambientales
- c) Permitir a los equipos de protección despejar rápidamente los rayos
- d) Tener suficiente capacidad de conducción y disipación de corriente de falla
- e) Evitar ruidos eléctricos
- f) Ser resistente a la corrosión
- g) Tener facilidad de mantenimiento

Se aplicara las normas NEC para el diseño del sistema de puesta a Tierra:

250 – 5 – b Instalaciones de corriente alterna de 50 a 1000V.

250 -23 – b Conductor de puesta a tierra llevado hasta el equipo de Acometida.

250 – 24 Dos o más edificaciones o estructuras alimentadas desde una acometida común.

250 – 27 Conexiones de un sistema con neutro puesta a tierra a través de alta impedancia.

250 – 91 Materiales.

250 – 92 Instalación.

250 – 115 Conexión de los electrodos.

250 – 119 Identificación de los terminales de los dispositivos de alambrado.

250 – 25 Conductor que se debe poner a tierra en sistemas de corriente alterna

**Conceptos:**

- En el campo de la electricidad las características conductivas de la tierra se utilizan en una variedad de maneras útiles.
- Se utiliza como terminal para poder a tierra el conductor del neutro de los sistemas de corriente alterna para limitar voltajes de toque a valores seguros
- Absorbe una descarga de rayo a través de una trayectoria controlado y protege la vida humana y las estructuras de los edificios
- También se utiliza como referencia cero de los instrumentos electrónicos sensibles donde los puntos comunes de la señal están conectados con las carcasas metálicas que se conectan a tierra
- Cuando la carga se transfiere repentinamente a tierra o a una estructura puesta a tierra, queda esta neutralizada por la masa de tierra. La Tierra es así, el medio que disipa energía eléctrica sin cambiar su potencial.
- Se sabe que la resistencia R de un conductor alargado y homogéneo de forma cilíndrica vale:

$$R = \rho l / s$$

Donde R = resistencia en ohmios

$\rho$  = resistividad en ohmios - metro

l = longitud del conductor en metros

s = Sección en metros cuadrados

En el cuadro 4.32, se muestra valores de resistividad de varios tipos de suelo.

Naturaleza terreno	Resistividad ohm.m
Terrenos pantanosos	de algunas unidades a 30
limo	20 a 100
Humus	10 a 150
Turba húmeda	5 a 100
Arcilla Plástica	50
Margas y Arcillas compactas	100 a 200
Margas del Jurásico	30 a 40
Arena Arcillosa	50 a 500
Arena Silíceas	200 a 3000
Suelo pedregoso cubierto de césped	300 a 500
Suelo pedregoso desnudo	1500 a 3000
Caliza blandas	100 a 300
Calizas compactas	1000 a 5000
Calizas agrietadas	500 a 1000
Pizarras	50 a 300
Rocas de mica y cuarzo	800
Granito y gres procedentes de alteración	1500 a 10000
Granito y gres muy alterados	100 a 600

**Cuadro 4.32** Ejemplos de resistividad de suelos *Referencia [16]*

#### 4.15.1. DISEÑO DEL POZO A TIERRA

Calcular la resistividad del terreno

Con los datos de resistividad identificar la zona más apropiada para la elaboración del pozo.

Si no se tiene los datos de resistividad, identificar el terreno dentro de una tabla de terrenos y resistividades.

Asumir que no se utilizan materiales aditivos.

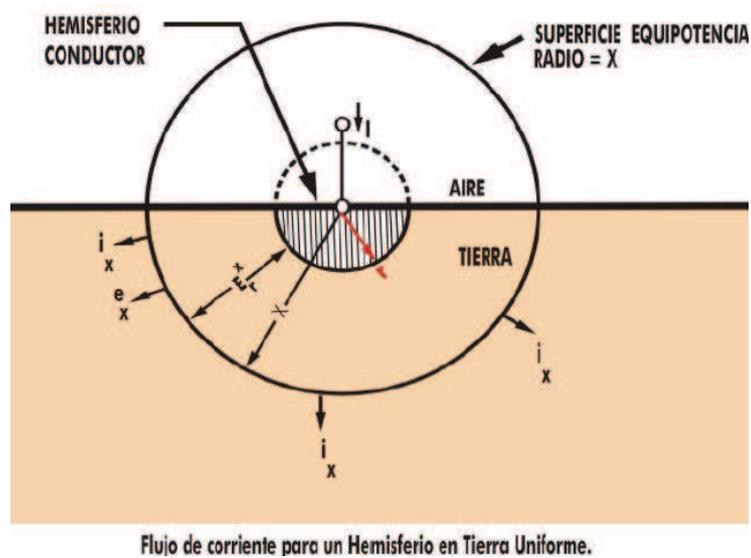
Con los datos de resistividad del terreno y resistencia de pozo deseada, calcular las dimensiones del electrodo.

Ajustar las dimensiones obtenidas a valores comerciales.

#### 4.15.2 MEDICIÓN DE LA RESISTIVIDAD

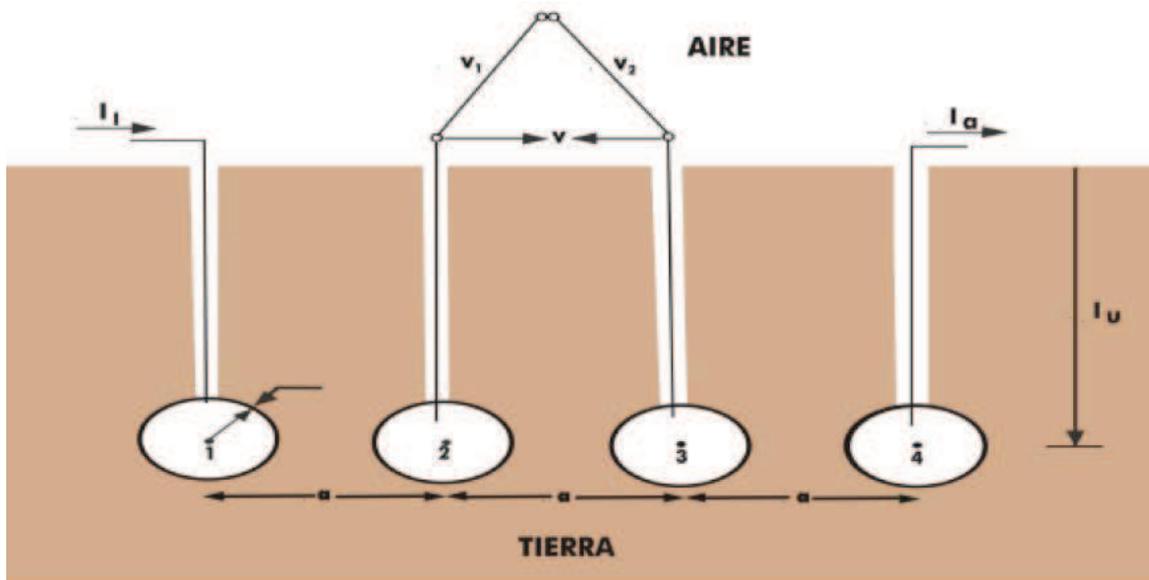
- Obtener la resistividad de capa o estrato capa.
- Encontrar la profundidad de los estratos o capa.
- Ubicación óptima de las instalaciones de puesta a tierra

En la figura 4.20, se muestra el flujo de corriente uniforme para un hemisferio de tierra uniforme.



**Figura 4.20** Flujo de Corriente para un Hemisferio en Tierra Uniforme

En la figura 4.21 se detalla el método para medir la resistividad del suelo.



Método idealizado para determinar la resistividad del suelo

Figura 4.21 Método idealizado para determinar la resistividad del suelo

#### 4.15.3 MEDIDA DE LA RESISTIVIDAD APARENTE DEL TERRENO (MÉTODO DE WENNER)

Dónde:

$\rho$  = resistividad del terreno en  $\Omega \cdot m$

R = Resistencia medida en ohmios

a = Distancia entre electrodos en metros

b = Profundidad de penetración de los electrodos en metros

n = Factor aproximado que tiene un valor entre 1 y 2 (dependiendo de la relación b / a)

Se calcula la resistividad con la expresión:

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

Como  $A > 20B$ , entonces la fórmula se simplifica a:

$$\rho = 2\pi AR$$

Los datos obtenidos luego de la medición con el telurómetro analógico fueron los siguientes:

1.95 $\Omega$	1.62 $\Omega$	1.38 $\Omega$
---------------	---------------	---------------

Según promedian los valores obtenidos el resultado es 1.65 $\Omega$

Según la fórmula del método Wenner

$$\rho = 2\pi AR$$

$$\rho = 2 * \pi * 5 * 1.65$$

$$\rho = 51.836 \Omega - m$$

#### 4.15.4 CÁLCULO DE LA PUESTA A TIERRA

##### DATOS Y CONDICIONES DE DISEÑO

$$R \leq 5 \Omega$$

Según las normas de la E.E.Q.S.A. la resistencia debe ser inferior a 5 $\Omega$ , porque la acometida en alto voltaje subterránea alimenta un transformador PAD MOUNTED.

$$\rho = 51.836 \Omega - m$$

Para empezar los cálculos se necesitan los datos de la varilla que se va a emplear

Dimensiones de una varilla Copperweld.

Longitud (m)	Diámetro (m)
1.83	16

Luego se realiza los cálculos para una varilla, dos varillas hasta encontrar el valor adecuado de resistencia el cual tiene que ser menor a  $5\Omega$ .

**Para una varilla:**

$$R_{1V} = \frac{\rho}{2\pi * l} \ln\left(\frac{4 * l}{d}\right)$$

$$R_{1V} = \frac{51.836}{2\pi * 1.83} \ln\left(\frac{4 * 1.83}{16 * 10^{-3}}\right)$$

$$R_{1V} = 27.616 \Omega$$

El valor de la resistencia no cumple con lo requerido.

**Cálculo para más de dos varillas.**

$$\frac{\text{Resistencia de } N \text{ varillas en paralelo}}{\text{Resistencia de una varilla}} = \frac{1 + K\alpha}{N}$$

Determinación del Radio equivalente de la varilla

$$r = \frac{l}{\ln\left(\frac{4l}{d}\right)}$$

$$r = \frac{1.83}{\ln\left(\frac{4 * 1.83}{0.016}\right)}$$

$$r = 0.298m$$

Determinación del coeficiente  $\alpha$

$$D = 2 * l$$

$$\alpha = \frac{r}{D} = \frac{0.298m}{3.66}$$

$$\alpha = 0.081$$

**Ocho varillas**

$$\frac{\text{Resistencia de } N \text{ varillas en paralelo}}{\text{Resistencia de una varilla}} = \frac{1 + K\alpha}{N}$$

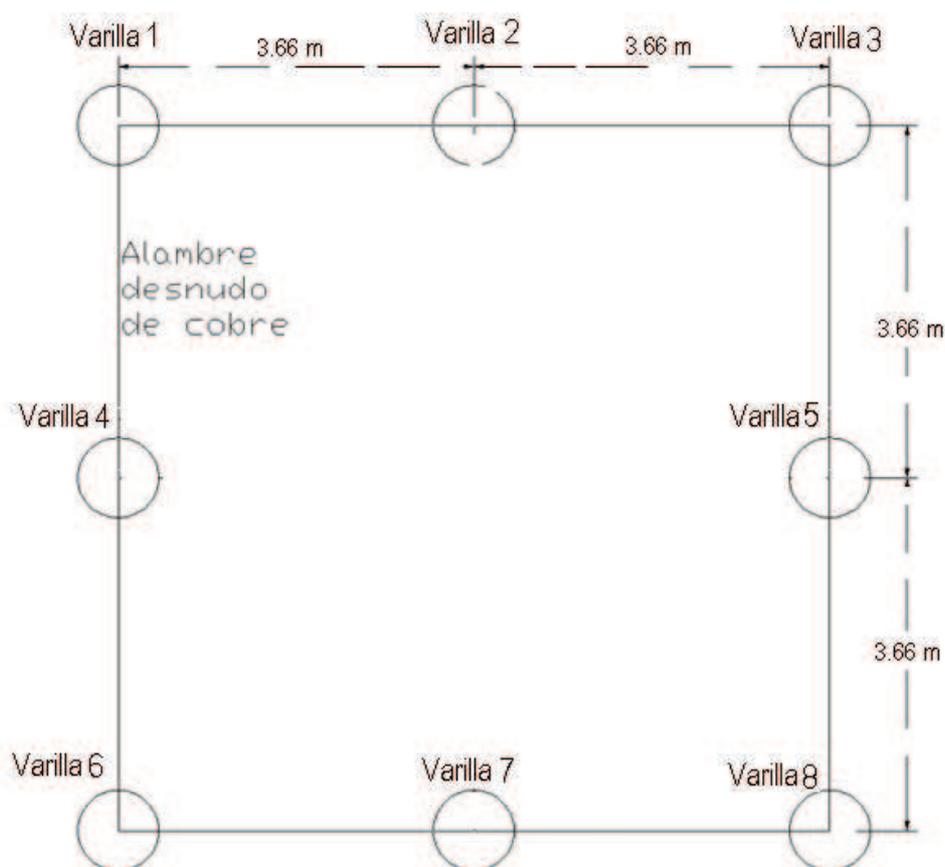
$$\frac{R_{8V}}{R_{1V}} = \frac{(1 + 6.186\alpha)}{8}$$

$$R_{8V} = \frac{(1 + 6.186\alpha)}{8} * R_{1V}$$

$$R_{8V} = \frac{(1 + 6.186 * 0.081)}{8} * 27.616$$

$$R_{8V} = 3.62\Omega$$

Este valor se encuentra dentro del rango establecido el cual es inferior a  $5\Omega$ . La disposición de los electrodos se muestra en la figura 4.22



**Figura 4.22** Sistema de puesta a tierra para la Unidad Educativa “Manuela Cañizares”

#### 4.16 LISTA DE MATERIALES

En el cuadro 4.33 se muestra la lista de materiales para las instalaciones eléctricas. El cuadro total de materiales se encuentra en el Capítulo 7.

	Descripción	Longitud (m)
TUBERÍA	Conduit EMT 2 1/2'	640 u
	Conduit EMT 1/2'	2271 u
CONDUCTORES	Tipo TW # 14AWG	1000
	Tipo TW # 12AWG	13910
	Tipo TW # 10AWG	10656
	Tipo TW # 3/0 AWG	2560
	Tipo TTU 1000 MCM	50
CAJAS	4x 1/2' redonda	2200
PIEZAS	Interruptor simple	75
	Interruptor doble	102
	Interruptor con conmutador	44
	Tomas dobles polarizados	1098
	Protección Termo magnético 15 A	2
	Protección Termo magnético 20 A	100
	Protección Termo magnético 30 A	122
LUMINARIAS	Luminaria TBS260 2xTL5-28W	1268
TABLEROS ELECTRICOS	Tablero de 8 Espacios	4
	Tablero de 12 Espacios	16
	Tablero de 16 Espacios	9
	Tablero de 20 Espacios	1
	Tablero de 24 Espacios	1

**Cuadro 4.33** Lista de materiales para las instalaciones eléctricas

## CAPÍTULO V

### DISEÑO DEL GRUPO DE EMERGENCIA

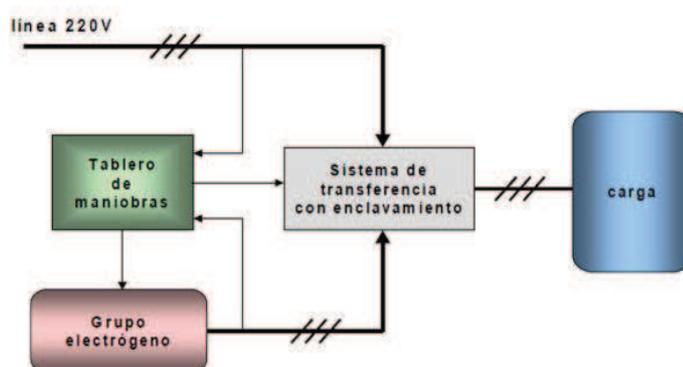
#### 5.1. DIMENSIONAMIENTO DEL GRUPO DE EMERGENCIA (kVA)

##### Sistema Eléctrico de Emergencia

Es una fuente independiente de respaldo de energía eléctrica, que actúa cuando hay una falla o ausencia en la alimentación normal, proporcionando automáticamente energía eléctrica confiable, durante un tiempo especificado a equipos y lugares que se consideren que no puede faltar el suministro eléctrico.

Para el dimensionamiento del grupo de emergencia se tomará en cuenta solo el edificio principal de la Unidad Educativa “Manuela Cañizares” en el cual se encuentra el área administrativa del mismo y se consideran como cargas importantes las siguientes: *Referencia [17]*

- Iluminación de corredores y escaleras.
- Tomas corrientes del área administrativa.
- Cargas críticas.



**Figura 5.1** Diagrama de Grupo de Emergencia

Tomando en cuenta lo anterior se procede a calcular la potencia del grupo electrógeno que se muestra en el Cuadro 5.1

CARGAS	P (w)
Iluminación Corredores y escaleras	11200
Iluminación oficinas	1840
Toma corrientes	15000
Áreas críticas	11200
Potencia Total	39240
kVA	48

**Cuadro 5.1** Calculo Capacidad del Grupo Electrónico

De acuerdo con la tabla 32.1 de NEMA MG presenta la capacidad y tensión del grupo generador como se muestra en el Cuadro 5.2 Referencia [18]

CAPACIDAD DE GRUPO GENERADOR (PLANTA DE EMERGENCIA)				
Potencia base (primer uso continuo) kW	Potencia base (primer uso continuo) kVA	Potencia de sobrecarga (stanby o uso en emergencia) kW	Potencia de sobrecarga (stanby o uso en emergencia) kVA	Voltaje de operación V
30	37,5	33	41,2	480, 480/277 ó 220/127 V
40	50	44	55	480, 480/277 ó 220/127 V
50	62,5	55	68,7	480, 480/277 ó 220/127 V
60	75	66	82,5	480, 480/277 ó 220/127 V
75	93,8	82,5	103,1	480, 480/277 ó 220/127 V
100	125	110	137,5	480, 480/277 ó 220/127 V
125	156	138	171,6	480, 480/277 ó 220/127 V
150	187	165	205,7	480, 480/277 ó 220/127 V
175	219	192,5	240,9	480, 480/277 ó 220/127 V
200	250	220	275	480, 480/277 ó 220/127 V
250	312	275	343,2	480, 480/277 V
300	375	330	412,5	480, 480/277 V
350	438	385	481,8	480, 480/277 V
400	500	440	550	480, 480/277 V

**Cuadro 5.2.** Capacidad y voltaje de grupo generador

Por lo tanto se concluye que la potencia del grupo electrógeno para cubrir la potencia requerida es de 50 kVA 480, 220/127V

#### **Características.**

**Motor.-** posee un motor diesel industrial 4 tiempos, provee potencia confiable, bajas emisiones y respuesta rápida a los cambios de carga.

**Alternador.-** el alternador debe ofrecer baja reactancia, baja distorsión de ondas con cargas no lineales, alta capacidad de cortocircuito y aislamiento clase H.

**Sistema de Enfriamiento.-** conjunto agua-aire que proporciona funcionamiento confiable en el nivel de potencia nominal con temperatura ambiente de hasta 40°C.

**Aislamiento contra vibraciones.-** fuerte plataforma que soporta al grupo generador sobre tacos de goma para disminuir las vibraciones propias del funcionamiento.

En el anexo 6, hoja 6.4 encontramos el diagrama unifilar de la instalación completa del grupo de emergencia, transformador y tablero de transferencia.

## **5.2. DETERMINACION DEL LUGAR FISICO MÁS APROPIADO PARA SU ISNTALACIÓN**

Para la determinación del lugar adecuado para la instalación del grupo electrógeno se toma en cuenta algunos factores que condicionan el funcionamiento del equipo entre ellos los siguientes:

Ubicación dentro del área a emplear.

Dimensiones de la sala.

- Sustentación.
- Ventilación.
- Nivel sonoro.
- Temperatura de los gases de escape.
- Alimentación de combustible.

De acuerdo a lo planteado el lugar idóneo para ubicación del grupo de emergencia es en lindero con la calle Mariscal Foch cerca de la línea de mediano voltaje que

encuentra en la calle antes mencionada, esta ubicación se encuentra ilustrada en el Anexo 6, hoja 6.4

### **5.2.1 UBICACIÓN DENTRO DEL ÁREA A EMPLEAR**

La Unidad Educativa “Manuela Cañizares” cuenta con lugares amplios como patios de recreo y pequeñas áreas verdes las cuales son óptimas para instalación del grupo electrógeno, además se requiere tener en cuenta localizar la acometida que abastece de suministro eléctrico al plantel

### **5.2.2 DIMENSIONES DE LA SALA**

Es necesario como mínimo precisar tanto el largo como el ancho, un espacio igual al grupo. Por tanto, la superficie mínima aconsejable para la sala sería.

$$A = 3a * (l + 2a) \text{Referencia [19]}$$

Siendo:

a: ancho.

l: Largo

### **5.2.3 SUSTENTACIÓN**

El grupo electrógeno debe apoyarse sobre superficies capaces de soportar su peso y de impedir la transmisión de vibraciones a través de la estructura que la compone. Por este motivo se va a emplear un método de desplazamiento el cual es: Apoyo sobre terreno el cual consiste en construir una bancada de hormigón para limitar las vibraciones. Es aconsejable que la longitud de los lados de la bancada exceda en 60cm (30 en cada extremo) a los lados del grupo.

Para mejorar el aislamiento frente a vibraciones conviene extender previamente una capa de arena o grava de 25 cm de espesor sobre la que se apoyaría la bancada de hormigón. El perímetro de toda la base (arena/grava + bancada) se

envuelve con material aislante entre los cuales tenemos: fibra mineral o materiales sintéticos.

#### **5.2.4 VENTILACION**

Es imprescindible para que el grupo electrógeno funcione correctamente. La solución adecuada consiste en provocar una corriente de aire que lo recorra longitudinalmente, desde el generador, por la parte baja del grupo, hasta el radiador. Cuanto más baja esté la entrada de aire mejor se refrigerará.

La abertura de entrada de aire debe ser 1,5 veces mayor que la de salida, si el aire no atraviesa todo el grupo deben colocarse deflectores que lo guíen, es aconsejable canalizar la salida de aire desde el radiador exterior.

#### **5.2.5 NIVEL SONORO**

Cuanto mayor es la velocidad del aire, mayor es el ruido provocado así por cada 765m de altura sobre el nivel del mar el caudal de aire aumenta un 10%.

El flujo de los gases de escape también produce ruido que es necesario amortiguar con un silencioso, existen tres niveles de atenuación.

- Estándar 10 dB.
- Para áreas residenciales: 25 dB
- Para exigencias máximas: 35-45 dB

Para el caso estudiado se tiene que emplear el nivel de atenuación para áreas residenciales debido a que el plantel educativo se encuentra rodeado de condominios y viviendas familiares.

#### **5.2.6 TEMPERATURA DE LOS GASES DE ESCAPE**

Los gases de escape deben conducirse desde la salida de escape del motor hasta el exterior de la sala, la temperatura de salida es superior a 500°C, lo que hace necesario tomar precauciones como:

- Instalar condensadores de dilatación.
- Colocar un flexible a la salida del motor para aislar vibraciones.
- Alejar la salida de gases escape de la entrada de aire a la sala.

### **5.2.7 ALIMENTACION DE COMBUSTIBLE**

Esta alimentación depende del tipo de combustible que se va a emplear en este caso diesel, para lo cual se requiere un reservorio para almacenar dicho combustible el mismo que debe cumplir con las normas de ubicación de los tanques dentro o fuera de los edificios, o enterrados y depende de la forma sea este cilíndrico paralelepípedo como a su instalación. *Referencia [20]*

### **5.3 APLICACIÓN DE NORMAS PARA DETERMINAR EL TIPO DE GRUPO ELECTROGENO ADECUADO EN PLANTELES EDUCATIVOS.**

Nuestro país está sujeto a las normas basadas al NEC con lo cual además de tener en cuenta la norma sujeta a grupos electrógenos dentro del código eléctrico ecuatoriano, también se adjunta las siguientes normas para un correcto diseño del grupo electrógeno.

- Normas tecnológicas de la edificación.
- Reglamento electrotécnico de Bajo Voltaje.

### **5.4 DETERMINACION DEL GRADO DE INSONORIZACION**

Es necesario recalcar que la legislación europea establece como límites tolerables los 65 dB durante el día y 55 Db durante la noche, ya que la capacidad auditiva se deteriora en la banda comprendida entre 75 dB y 125 dB y pasa a un nivel doloroso cuando se superan los 125 dB.

El umbral del dolor llega a los 140 dB.

### **ALGUNOS RUIDOS Y SUS NIVELES**

- Pájaros trinando: 10 dB
- Claxon automóvil: 90 dB
- Rumor de hojas de árboles: 20 dB
- Claxon autobús: 100 dB
- Zonas residenciales 40 dB
- Interior discotecas: 110 dB
- Conversación normal: 50 dB
- Motocicletas sin silenciador: 115 dB
- Ambiente oficina: 70 dB
- Taladradores: 120 dB
- Interior fábrica: 80 dB
- Avión sobre la ciudad: 130 dB
- Tráfico rodado: 85 dB
- Umbral de dolor: 140 dB

### **MÁXIMO PERMITIDO DE RUIDOS EN EDIFICIOS PUBLICOS** *Referencia [21]*

- Hospitales: 25 dB
- Bibliotecas y Museos: 30 dB
- Cines, teatros y Salas de conferencias: 40 dB
- Centros docentes y Hoteles: 40 dB
- Oficinas y despachos públicos: 45 dB
- Grandes almacenes, restaurantes y bares: 55 dB

Según un estudio del Municipio, el 84% de la contaminación auditiva tiene su origen en el tránsito urbano por automotores, un 7% corresponde a industrias, un 5% a la construcción y un 4% al funcionamiento de aeronaves los niveles tolerables establecidos para Quito están en 88 dB. *Referencia [21]*

La Organización Mundial de la Salud (OMS) considera que el nivel saludable de ruido en las ciudades debe estar por debajo del techo de 50dB, sin embargo en Quito el nivel bordea los 100dB.

En el Municipio de Quito funciona la Dirección Metropolitana de Medio Ambiente,

la misma que respecto de la contaminación acústica ha promulgado las ordenanzas metropolitanas 123 y 146 mediante las cuales establece las normas técnicas para niveles de ruido emitidos por fuentes móviles así como la norma técnica de límites permisibles de niveles de ruido para fuentes fijas y para vibración.

Para el presente caso se debe tomar en cuenta que en los edificios que tengan generadores de electricidad de emergencia y cuyo funcionamiento cause contaminación acústica se deberán observar y cumplir con medidas de mitigación para evitar molestias en áreas vecinas o cercanas.

Las entradas de aire de la sala estarán construidas de tal manera que silenciarán el ruido que pueda salir al exterior del edificio. El nivel máximo de ruido medido a 1 metro de las aberturas será de 76 dB y con esto se cumple con las normas establecidas por el Distrito Metropolitano de Quito.

#### **5.5 JUSTIFICACION Y DETERMINACION DEL TIPO DE CONTROL A EMPLEARSE SEA ESTE MANUAL, AUTOMÁTICO SIN CONMUTACION O AUTOMÁTICO CON CONMUTACION.**

El sistema de transferencia para todos sus casos de aplicación debe suministrar como parte del grupo generador y realizar como mínimo las siguientes funciones:

- a) Arranque en forma automática del grupo generador por ausencia de voltaje en la fuente de energía eléctrica que suministre la E.E.Q.S.A.
- b) Salir del sistema cuando la energía normal se restablece, mediante un dispositivo temporizador con ajuste de tiempo de 0 a 15 minutos como mínimo para impedir la re transferencia de carga cuando se restablece el suministro normal de energía.
- c) Permitir censar el voltaje en las tres fases de la red de suministro eléctrico normal y del grupo generador permitir la transferencia, re transferencia y parar el grupo generador.

SVL: Supervisor de voltaje de la red eléctrica.

SVG: Supervisor de voltaje del generador.

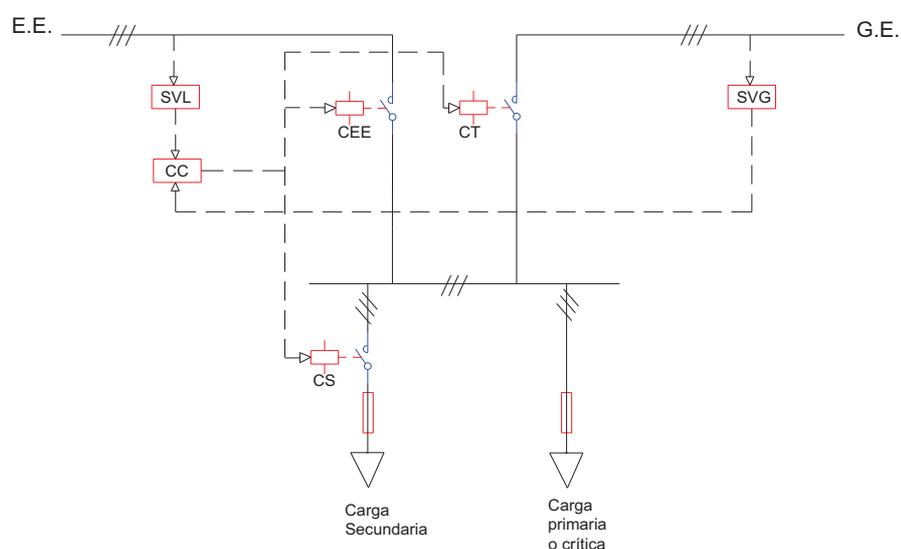
CEE: Contactor de la red eléctrica.

CT: Contactor de Transferencia.

CS: Contactor de la cargas secundarias.

CC: Centro de control.

El Diagrama de control a emplearse en el grupo de emergencia se muestra en el cuadro 5.2



**Figura 5.2** Diagrama unifilar del Grupo de Emergencia

## 5.6 DETERMINACION DE LAS CARGAS PRINCIPALES Y AUXILIARES QUE SE VAN A TRANSFERIR AL GRUPO ELECTRÓGENO

Para la determinación de las cargas que el grupo electrógeno va a suministrar energía eléctrica se toma en cuenta el grado de disponibilidad de dichas cargas además de su ubicación dentro del plantel.

A continuación se desglosa cada una de las cargas a tener en cuenta para el diseño del grupo electrógeno.

### **Iluminación Corredores y escaleras 11200W.**

En la Unidad Educativa Experimental “Manuela Cañizares” consta de un edificio principal el mismo que consta de tres pisos, en este edificio alberga la mayor cantidad de personas motivo por el cual los corredores y escaleras en este edificio juegan un papel muy importante en el caso de ausencia de suministro eléctrico. En el Cuadro 5.3 se muestra la carga que debe estar disponible para emergencias

<b>Descripción</b>	<b>Luminarias 2x40W</b>
Corredores	100
Escaleras	40
Total	140
<b>Total (W)</b>	<b>11200</b>

**Cuadro 5.3** Cantidad total de luminarias que no se puede interrumpir su funcionamiento en escaleras y corredores

### **Iluminación oficinas 1840W.**

Para el correcto desempeño de los funcionarios de este plantel se ha determinado que la carga de iluminación en esta área es necesaria para un buen desempeño y desarrollo del plantel. En el cuadro 5.4 se muestra la carga que debe estar disponible en oficinas.

<b>Descripción</b>	<b>Luminarias 2x40W</b>
Oficinas	23
<b>Total (W)</b>	<b>1840</b>

**Cuadro 5.4** Cantidad total de luminarias que no se puede interrumpir su funcionamiento en oficinas

### Toma corrientes 15000W

Se definirá las áreas en los cuales esta carga es necesaria como oficinas, rectorado secretaría, colecturía, en las cuales el grupo de emergencia debe suplir la necesidad de energía eléctrica y con ello brindar un servicio continuo y eficiente en el plantel educativo por parte de quienes forman parte de los funcionarios administrativos como se muestra en el cuadro 5.5

Descripción	Tomacorrientes 200 W
Corredores	20
Oficinas	55
Total	75
<b>Total (W)</b>	<b>15000</b>

**Cuadro 5.5** Cantidad total de tomacorrientes que no se puede interrumpir su funcionamiento

### Áreas críticas 11200W

Dentro de estas áreas críticas encontramos el hall principal, el departamento médico, los cuales es indispensable que en caso de ausencia del suministro eléctrico deben continuar prestando sus servicios a la comunidad educativa como se muestra en el cuadro 5.6

Descripción	Tomacorrientes 200 W	Iluminación 2x40W
Hall	6	25
Señalización	0	100
Total	6	125
<b>Total (W)</b>	<b>1200</b>	<b>10000</b>

**Cuadro 5.6** Carga de iluminación y tomacorrientes que no se puede interrumpir su servicio

## **CAPÍTULO VI**

### **DISEÑO DEL CABLEADO ESTRUCTURADO**

#### **6.1 ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL**

Las instalaciones actuales de la Unidad Educativa “Manuela Cañizares” no cuentan actualmente con una moderna infraestructura de cableado estructurado, solo se puede apreciar redes de computación en las bibliotecas, oficinas y los laboratorios de computación, pero en los demás laboratorios y aulas no se puede apreciar conexiones con acceso a la red.

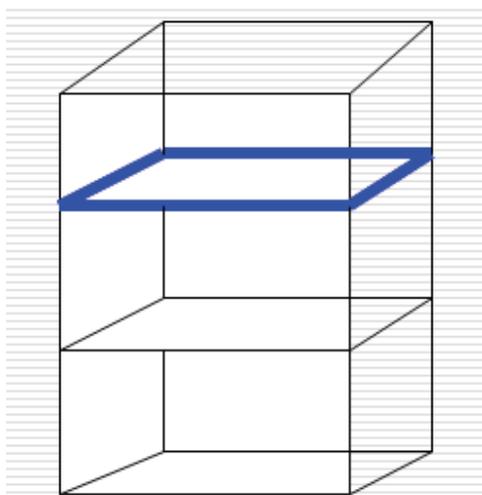
Tampoco se puede tener acceso a una red inalámbrica propia en ningún rincón de la institución.

Los laboratorios no se encuentran conectados entre sí y solo cuentan con una red interna.

#### **6.2 CABLEADO HORIZONTAL**

##### **6.2.1 MARCO TEÓRICO**

“Este cableado se extiende desde el distribuidor de cables de piso hasta las salidas de telecomunicaciones, e incluye lo siguiente: cables horizontales, terminación mecánica de los cables en ambos extremos y las conexiones de cruce e interconexiones en el distribuidor de cables de piso. El término “Horizontal” se emplea ya que el cable en esta parte del cableado genérico se instala horizontalmente a lo largo de los pisos o plafones de un edificio. El cableado horizontal no debe contener más de un punto de transición o punto de consolidación, entre el distribuidor de cables de piso y la salida/conector de telecomunicaciones. En la Figura 6.1 se muestra la topología del cableado horizontal.” *Referencia [22]*

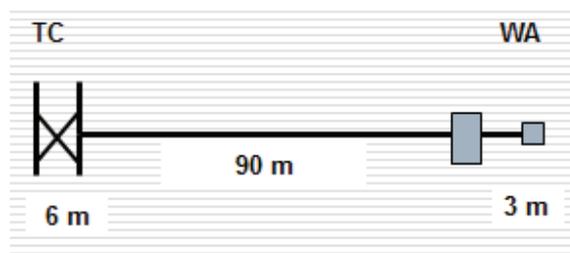


**Figura 6.1** Tipo de Cobertura de un cableado horizontal típico

Debe ser topología estrella, cada salida debe ser conectada a un closet de telecomunicaciones y el cableado debe finalizar en closet de telecomunicaciones del mismo piso del área que se está dando servicio.

Los componentes eléctricos específicos de la aplicación no deben ser instalados como parte del cableado horizontal, si es necesario, deben estar expuestos (fuera de las placas de red)

Las Distancias horizontales deben ser máximas de 90 metros, se permite 10 metros adicionales para cables de conexión. En la figura 6.2 se muestra la distancia máxima permitida en un cableado Horizontal. *Referencia [22]*



**Figura 6.2** Distancia máxima permitida de un cableado Horizontal

Los cables reconocidos:

- Cuatro pares, trenzado, 100 Ohms (UTP, ScTP)TIA/EIA 568- B.2
- Cables de fibra óptica de 62.5/125 um o 50/125 um, dos fibras o mas

## **6.2.2 EDIFICIO PRINCIPAL**

En el Edificio Principal estará colocado el cuarto de equipos.

### **6.2.2.1 Edificio Principal Planta baja**

Se diseña dos cuartos de telecomunicaciones para la planta baja CT1: 01A y CT2: 01B.

Para 01A se tiene 42 salidas de datos y 7 salidas de audio.

Se necesitará 2 “switchs” de 24 salidas

Distancia del punto más lejano: 36.3 metros

Distancia del punto más cercano: 9.52 metros

Longitud Promedio + 10% de holgura: 25.2

Número de corridas por rollo:  $D = 305/25.2$

$D=12$

Rollos de cable =  $42/12$

#### **Rollos de Cable = 4**

Para 01B se tiene 59 salidas de datos

Se necesitará 3switches de 24 salidas.

Distancia del punto más lejano: 41.38 metros

Distancia del punto más cercano: 8.4 metros

Longitud Promedio + 10% de holgura: 27.38

Número de corridas por rollo:  $D = 305/27.38$

$D=11$

Rollos de cable =  $59/11$

### **Rollos de Cable = 6**

El diseño del cableado Estructurado del Edificio Principal planta baja se encuentra en el plano 7.1 del **Anexo 7**

#### **6.2.2.2 Edificio Principal Primera Planta**

Se diseña dos cuartos de telecomunicaciones para la planta baja CT3: 02A y CT4: 02B.

Para 02A se tiene 79 salidas de datos

Se necesitará 4switches de 24 salidas.

Distancia del punto más lejano: 83.93 metros.

Distancia del punto más cercano: 15.24 metros.

Longitud Promedio + 10% de holgura: 54.54

Número de corridas por rollo:  $D = 305/54.54$

$D=5$

Rollos de cable =  $79/5$

### **Rollos de Cable = 16**

Para 02B se tiene 56 salidas de datos

Se necesitará 3 “switchs” de 24 salidas.

Distancia del punto más lejano: 25.93 metros

Distancia del punto más cercano: 5.62 metros

Longitud Promedio + 10% de holgura: 17.35

Número de corridas por rollo:  $D = 305/17.35$

$D=17$

Rollos de cable = 56/23

#### **Rollos de Cable = 4**

El diseño del cableado Estructurado del Edificio Principal Primera planta se encuentra en el plano 7.1 del **Anexo 7**

#### **6.2.2.3 Edificio Principal Segunda Planta**

Se diseña un cuarto de telecomunicaciones para la planta baja CT5: 03A.

Para 03A se tiene 76 salidas de datos

Se necesitará 4switches de 24 salidas.

Distancia del punto más lejano: 88.56 metros

Distancia del punto más cercano: 7.95 metros

Longitud Promedio + 10% de holgura: 53.09

Número de corridas por rollo:  $D = 305/53.09$

$D=6$

Rollos de cable = 76/6

#### **Rollos de cable = 13**

El diseño del cableado Estructurado del Edificio Principal Segunda planta se encuentra en el plano 7.2 del **Anexo 7**

### **6.2.3 EDIFICIO RAÚL LÓPEZ**

#### **6.2.3.1 Sub Suelo Edificio Raúl López**

Se diseña un cuarto de telecomunicaciones para el sub suelo CT6: 01A.

Se necesitará 2switches de 24 salidas.

Para CT6 se tiene 34 salidas de datos

Distancia del punto más lejano: 23.01 metros

Distancia del punto más cercano: 4.96 metros

Longitud Promedio + 10% de holgura: 15.39

Número de corridas por rollo:  $D = 305/15.39$

$D=19$

Rollos de cable =  $34/19$

**Rollos de cable = 2**

#### **6.2.3.2 Planta Baja Edificio Raúl López**

Se diseña un cuarto de telecomunicaciones para la planta baja CT7:02A.

Para CT7 se tiene 71 salidas de datos

Se necesitará 4 "switchs" de 24 salidas.

Distancia del punto más lejano: 29.48 metros

Distancia del punto más cercano: 5.98 metros

Longitud Promedio + 10% de holgura: 19.95

Número de corridas por rollo:  $D = 305/19.95$

$D=15$

Rollos de cable =  $71/20$

**Rollos de cable = 5**

El diseño del cableado Estructurado del Edificio Raúl López sub suelo y planta baja se encuentra en el plano 7.2 del **Anexo 7**

### **6.2.3.3 Primera Planta Edificio Raúl López**

Se diseña un cuarto de telecomunicaciones para la primera planta CT8: 03A.

Para CT8 se tiene 15 salidas de datos

Se necesitará 1 switch de 24 salidas.

Distancia del punto más lejano: 30.55 metros

Distancia del punto más cercano: 8.05 metros

Longitud Promedio + 10% de holgura: 21.23

Número de corridas por rollo:  $D = 305/21.23$

$D=14$

Rollos de cable = 15/14

**Rollos de cable = 1**

### **6.2.3.4 Segunda Planta Edificio Raúl López**

Se diseña un cuarto de telecomunicaciones para la segunda planta CT9.

Para CT9 se tiene 16 salidas de datos.

Se necesitará 1 switch de 24 salidas.

Distancia del punto más lejano: 30.79 metros

Distancia del punto más cercano: 8.05 metros

Longitud Promedio + 10% de holgura: 21.36

Número de corridas por rollo:  $D = 305/21.36$

$D=14$

Rollos de cable = 16/14

### **Rollos de cable = 2**

El diseño del cableado Estructurado del Edificio Raúl López primera planta y segunda planta se encuentra en el plano 7.3 del **Anexo 7**

## **6.2.4 EDIFICIO BLOQUE NUEVO**

### **6.2.4.1 Planta Baja**

Se diseña un cuarto de telecomunicaciones para la segunda planta CT10: 01A.

Para 01A se tiene 56 salidas de datos.

Se necesitará 3switches de 24 salidas.

Distancia del punto más lejano: 24.89 metros

Distancia del punto más cercano: 8.02 metros

Longitud Promedio + 10% de holgura: 18.1

Número de corridas por rollo:  $D = 305/21.36$

$D=17$

Rollos de cable = 56/17

### **Rollos de cable = 3**

### **6.2.4.2 Planta Alta**

Se diseña un cuarto de telecomunicaciones para la segunda planta CT11: 02A.

Para 02A se tiene 31 salidas de datos.

Se necesitará 2switches de 24 salidas.

Distancia del punto más lejano: 40.22 metros

Distancia del punto más cercano: 7.7 metros

Longitud Promedio + 10% de holgura: 26.36

Número de corridas por rollo:  $D = 305/26.36$

$D=11$

Rollos de cable = 5

### **Rollos de cable = 5**

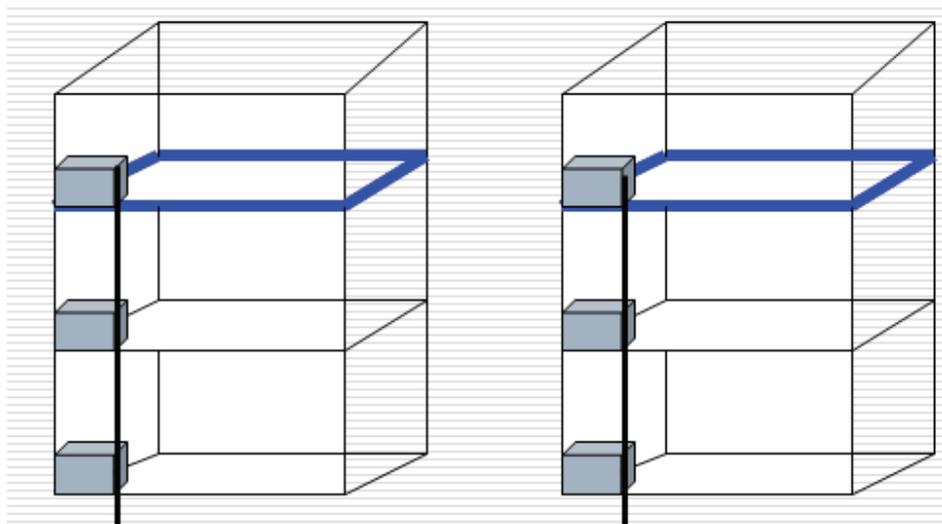
El diseño del cableado Estructurado del Edificio Bloque Nuevo planta baja y primera planta se encuentra en el plano 7.2 del **Anexo 7**

## **6.3 CABLEADO VERTICAL**

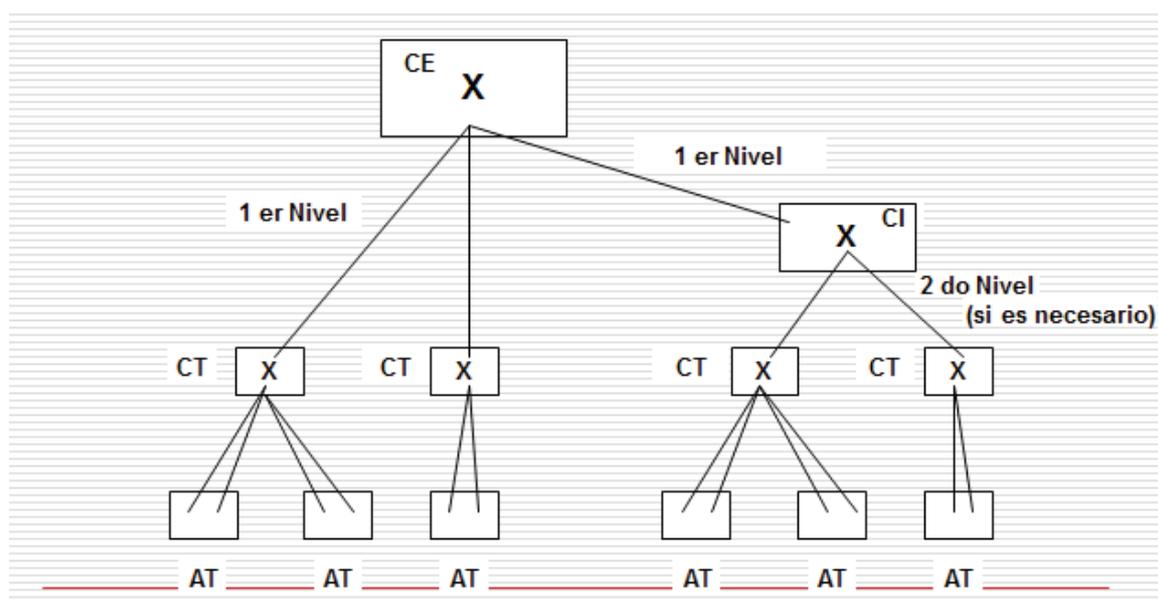
### **6.3.1 MARCO TEÓRICO**

“El propósito del cableado del vertical es proporcionar interconexiones entre cuartos de entrada de servicios de edificio, cuartos de equipo y cuartos de telecomunicaciones. El cableado del vertical incluye la conexión vertical entre pisos en edificios de varios pisos. El cableado del vertical incluye medios de transmisión (cable), puntos principales e intermedios de conexión cruzada y terminaciones mecánicas. El cableado vertical realiza la interconexión entre los diferentes gabinetes de telecomunicaciones y entre estos y la sala de equipamiento. En este componente del sistema de cableado ya no resulta económico mantener la estructura general utilizada en el cableado horizontal, sino que es conveniente realizar instalaciones independientes para la telefonía y datos. Esto se ve reforzado por el hecho de que, si fuera necesario sustituir el cableado vertical, ello se realiza con un costo relativamente bajo, y causando muy pocas molestias a los ocupantes del edificio. El cableado vertical telefónico se realiza habitualmente con cable telefónico multipar. Para definir el cableado vertical de datos es necesario tener en cuenta cuál será la disposición física del equipamiento. Normalmente, el tendido físico del cableado vertical se realiza en forma de estrella, es decir, se interconectan los gabinetes con uno que se define

como centro de la estrella, en donde se ubica el equipamiento electrónico más complejo. En la Figura 6.3 y 6.4 se muestra la topología del cableado vertical para 2 edificios.” Referencia [23]



**Figura 6.3** Tipo de Conexión entre edificios de un cableado Vertical



**Figura 6.4** Topología de conexión de Cableado Estructurado

Cables reconocidos:

- Cable multi-par UTP de 100 Ohms
- Cable de fibra óptica 50/125 micras
- Cable de fibra óptica de 62.5/125 micras
- Cable de fibra óptica mono-modo

El diseño de cableado vertical se encuentra en los planos 7.1, 7.2 y 7.3 del **Anexo 7**

## **6.4 ARMARIO DE TELECOMUNICACIONES**

### **6.4.1 MARCO TEÓRICO**

El armario de telecomunicaciones de acuerdo a la norma TIA 569 es un punto de transición entre las rutas horizontal y vertical, debe estar situado tan cerca como sea posible del centro del área que se está sirviendo.

Las rutas horizontales deben determinarse en el closet de telecomunicaciones localizado en el mismo piso del área que está sirviendo, el espacio debe dedicarse exclusivamente a las funciones de telecomunicaciones y el equipo no relacionado con telecomunicaciones no debe instalarse dentro, pasar a través o entre el cuarto de paneles.

Debe haber un mínimo de un closet de telecomunicaciones por piso, se requiere un adicional si las distancias exceden los 90 metros. Si existieran múltiples closets de telecomunicaciones en un piso deben de ser interconectados por un EMT de 3" mínimo o equivalente y se debe disponer de iluminación, energía eléctrica y Aire Acondicionado *Referencia [24]*

Los armarios de telecomunicaciones se encuentran especificados en los planos 7.1, 7.2 y 7.3 del **Anexo 7**

## **6.5 SALA DE EQUIPOS**

### **6.5.1 MARCO TEÓRICO**

El cuarto de entrada de servicios consiste en la entrada de los servicios de telecomunicaciones al edificio, incluyendo el punto de entrada a través de la pared y continuando hasta el cuarto o espacio de entrada. El cuarto de entrada puede incorporar el cableado vertical que conecta a otros edificios en situaciones de campus.

De acuerdo a la norma TIA 569 tenemos que el espacio centralizado para equipos de telecomunicaciones se debe evitar lugares que puedan limitar la expansión, debe ser diseñados para una área mínima de 14 metros cuadrados, deben conectarse a la ruta del cableado vertical y deben disponer de iluminación, energía eléctrica y Aire Acondicionado. *Referencia [25]*

La sala de equipos está especificada en los planos del Anexo 7.1, 7.2 y 7.3 del **Anexo 7**

## CAPÍTULO VII

### LISTA DE MATERIALES Y PRESUPUESTO

#### 7.1 LISTA DE MATERIALES

##### 7.1.1 MATERIALES ELÉCTRICOS

En el cuadro 7.1 se muestra la lista de materiales eléctricos para la renovación de las instalaciones eléctricas de la Unidad Educativa Manuela Cañizares.

LISTA DE MATERIALES ELECTRICOS			
ITEM	CANT	UNID	DESCRIPCIÓN
1	1	u	Transformador 250 KVA TIPO PAD MOUNTED
2	400	m	Conductor XLPE unipolar de media tensión 6 kV aislado 2/0
3	3	u	Puntas terminales interiores; 6.3kV, para conductor 2/0
4	3	u	Puntas terminales exteriores; 6.3 kV, para conductor 2/0
5	6	u	Tirafusible 6.3 kV. - 15A tipo K
6	6	u	Seccionador portafusible, 100A , tipo k 15A
7	119	u	Interruptor termo magnético 1 x 10 A Clase A
8	43	u	Interruptor termo magnético 1 x 16 A Clase A
9	129	u	Interruptor termo magnético 1 x 20 A Clase A
10	31	u	Interruptor Termo magnético Caja Moldeada 3x90A
11	18800	m	Conductor #14 AWG TW 600V
12	10320	m	Conductor #12 AWG TW 600V
13	200	m	Conductor #10 AWG TW 600V
14	2600	m	Conductor # 3/0 AWG TW 600V
15	1148	u	Cajetín rectangular 4x4"
16	1702	u	Cajetín Octogonal
17	650	u	Tubo Conduit EMT 2 1/2"
18	3230	u	Tubo Conduit EMT 1/2"
19	220	U	Caja metálica empotrable 8 agujeros
20	160	u	Caja metálica empotrable 16 agujeros
21	200	u	Rejilla Metálica 300x40x10cm powertride
22	1	u	Generador 50 kVA 220/127, 60Hz 1800 rpm,3 fases, fp 0.9

23	1	u	Tablero de transferencia Automática transformador 250 Kva - 700A
24	40	m	Conductor de cobre desnudo #2 AWG
25	9	u	Varillas Copperweld 5/8" x 1,80m
26	1	U	Molde de unión varilla- cable
27	9	u	Terminal de ponchar #2
28	15	u	Puntos de suelda
29	9	u	Suelda exotérmica de 90 gramos
30	6	u	Pararrayos clase distribución, oxido metálico, cuerpo polímero 6kV
31	1260	u	Lámparas fluorescentes T5 2x28w, con difusor luminoso y equipo eléctrico
32	1098	u	Tomas Dobles Polarizados más caja metálica cuadrada
33	54	u	Detectores de Humo
34	38	u	Sensor de Movimiento
35	2	u	Tablero Eléctrico de 8 espacios Trifásico
36	15	u	Tablero Eléctrico de 12 espacios Trifásico
37	11	u	Tablero Eléctrico de 16 espacios Trifásico
38	1	u	Tablero Eléctrico de 20 espacios Trifásico
39	2	u	Tablero Eléctrico de 24 espacios Trifásico

**Cuadro 7.1** Lista de Materiales para las Instalaciones Eléctricas

En el cuadro 7.2 se muestra la lista de materiales de cableado estructurado para la renovación de las instalaciones eléctricas de la Unidad Educativa Manuela Cañizares.

## 7.1.2 MATERIALES CABLEADO ESTRUCTURADO

LISTA DE MATERIALES CABLEADO ESTRUCTURADO			
ITEM	CANT	UNID	Material
1	61	ROLLO	
2	11	u	Cable UTP de 4 pares, trenzado, Categoría 6, calibre #23 AWG similar a Belden 1872A
3	1	u	Bastidores Estándar EIA de 19" similar a Panduit CMR19x84, dimensiones: 84.0" x 20.3" x 3.0"
4	22	u	Gabinete de pared similar a Great Lakes modelo GL24WM
5	560	u	Paneles de conexión metálico de 24 puertos, Categoría 6, similar a Panduit CP24BLY
6	560	u	Conector Hembra RJ-45 Panduit CJ6X88TGRD
7	542	u	Cajas simples Panduit CFPE11W-LY
8	18	u	Cajas dobles Panduit CFPE21-LY
9	22	u	Organizadores Verticales similar a Panduit WMPVF45
10	48	u	Organizador horizontal similar a Panduit WMPH2
11	610	u	Canaleta 1 1/4 de pulgada
12	850	u	Canaleta de 3/4 de pulgada
13	1120	u	Rótulos de Identificación
14	12	u	Router D - Link inalámbrico TI - WR941ND

**Cuadro 7.2** Lista de Materiales para la instalación de Cableado estructurado

## 7.2 PRESUPUESTO

Para la adquisición e instalación del transformador se presenta el presupuesto en el cuadro 7.3, se toma el costo de la mano de Obra y Dirección técnica con 30% de los materiales.

En los cuadros 7.3, a 7.11 se muestra los materiales y presupuesto para la renovación de las instalaciones eléctricas de la Unidad Educativa Manuela Cañizares, se toma en cuenta la mano de obra y la dirección técnica en cada grupo, se toma en cuenta el 30% del valor de los materiales para este rubro.

Se separa las actividades en el presupuesto para la mejor contratación de actividades.

TRANSFORMADOR					
ITEM	CANT	UNID	Materiales		
1	1	u	Transformador TIPO PAD MOUNTED 250 kVA	22000	22000.00
2	1	u	Mano de Obra	6600	6600.00
3	1	u	Dirección Técnica	726	726.00
				<b>SUBTOTAL</b>	29326.00
				<b>IVA 12%</b>	3519.12
				<b>TOTAL</b>	32845.12

**Cuadro 7.3** Presupuesto Referencial para la instalación del Transformador

EQUIPO MT					
ITEM	CANT	UNID	DESCRIPCIÓN		
1	400	m	Conductor XLPE unipolar de medio Voltaje aislado 2/0	27.45	10980.00
2	3	u	Puntas terminales interiores; 6.3kV, para conductor 2/0	297.67	893.01
3	3	u	Puntas terminales exteriores; 6.3 kV, para conductor 2/0	318.95	956.85
4	3	u	Tirafusible 6.3 kV. - 40A tipo K	8.5	25.50
5	3	u	Seccionador con tirafusible, 100A , tipo k 40A	97.5	292.50
6	3	u	Fusible NH3630A – 500V	100	300.00
7	1	u	Mano de Obra	255.021	255.02
8	1	u	Dirección Técnica	28.05231	28.05
				<b>SUBTOTAL</b>	13730.93
				<b>IVA 12%</b>	1647.71
				<b>TOTAL</b>	15378.64

**Cuadro 7.4** Presupuesto Referencial para la Instalaciones Eléctricas en medio Voltaje

LISTA DE MATERIALES ELECTRICOS					
ITEM	CANT	UNID	DESCRIPCIÓN	Costo Unitario	Costo Total
1	119	u	Interruptor Termo magnético 1 x 10 A Clase A	7,99	950.81
2	43	u	Interruptor Termo magnético1 x 16 A Clase A	8,99	386.57
3	129	u	Interruptor Termo magnético1 x 20 A Clase A	13	1677.00
4	31	u	Interruptor Termo magnético3 x 90 A Clase B	40	1240.00
5	18800	m	Conductor #14 AWG TW 600V	0.35	6580.00
6	10320	m	Conductor #12 AWG TW 600V	0.44	4540.80
7	200	m	Conductor #10 AWG TW 600V	0.6	120.00
8	2600	m	Conductor # 3/0 AWG TW 600V	6.5	16900.00
9	1148	u	Cajetín rectangular 4x4"	1,99	2284.52
10	1702	u	Cajetín Octogonal	1,99	3386.98
11	650	u	Tubos Conduit tipo EMT 2 1/2"	3,5	2275.00
12	3230	u	Tubos Conduit tipo EMT 1/2"	6,9	2287.00
13	220	U	Caja metálica empotrable 8 agujeros	0,45	99.00
14	160	u	Caja metálica empotrable 16 agujeros	0,5	80.00
15	20	u	Rejilla Metálica 300x40x10cm powertride	51,22	1024.40
16	40	m	Conductor de cobre desnudo #2 AWG	65,99	2639.60
17	1098	u	Tomas Dobles Polarizados más caja metálica cuadrada	2,99	3283.02
18	54	u	Detectores de Humo	14	756.00
19	38	u	Sensor de Movimiento	14,99	569.62
20	2	u	Tablero Eléctrico de 8 espacios Trifásico	75,06	150.12
21	15	u	Tablero Eléctrico de 12 espacios Trifásico	100,08	1501.20
22	11	u	Tablero Eléctrico de 16 espacios Trifásico	133,44	1467.84
23	1	u	Tablero Eléctrico de 20 espacios Trifásico	177,92	177.92
24	2	u	Tablero Eléctrico de 24 espacios Trifásico	222,4	444.80
				Sub Total	74822.00
				IVA 12%	8978.66
				TOTAL	83800.85

**Cuadro 7.5** Presupuesto referencial de los materiales a usar en las instalaciones eléctricas

GENERADOR					
ITEM	CANT	UNID	DESCRIPCIÓN		
1	1	u	Generador 50 kVA 220/127, 60Hz 1800 rpm,3 fases, fp 0.9	12000	12000.00
2	1	u	Tablero de transferencia Automática transformador 250 Kva - 700A	3800	3800.00
3	1	u	Mano de Obra	4740	4740.00
4	1	u	Dirección Técnica	521.4	521.40
				<b>SUBTOTAL</b>	21061.40
				<b>IVA 12%</b>	2527.37
				<b>TOTAL</b>	23588.77

**Cuadro 7.6** Presupuesto Referencial para la Instalación del Generador

MALLA DE TIERRA					
ITEM	CANT	UNID	DESCRIPCIÓN		
1	40	m	Conductor de cobre desnudo #2 AWG	8.29	331.60
2	9	u	Varillas Copperweld 5/8" x 1,80m	15.93	143.37
3	1	U	Molde de unión varilla- cable	181.5	181.50
4	9	u	Terminal de ponchar #2	8.96	80.64
5	9	u	Puntos de suelda	75	675.00
6	9	u	Suelda exotérmica de 90 gramos	6.34	57.06
7	6	u	Pararrayos clase distribución, oxido metálico, cuerpo polímero 10kV	68.66	411.96
8	1	u	Mano de obra	109.404	109.40
9	1	u	Dirección Técnica	12.03444	12.034
				<b>SUBTOTAL</b>	2002.56
				<b>IVA 12%</b>	240.30
				<b>TOTAL</b>	2242.87

**Cuadro 7.7** Presupuesto referencial para la instalación de la Malla de Puesta a Tierra

LUMINARIAS					
ITEM	CANT	UNID	DESCRIPCIÓN		
1	1260	u	Lámparas fluorescentes T5 2x28w, con difusor luminoso y equipo eléctrico	170	214200
				<b>SUBTOTAL</b>	214200
				<b>IVA 12%</b>	25704
				<b>TOTAL</b>	239904

**Cuadro 7.8** Presupuesto referencial para la adquisición de Luminarias

Cableado Estructurado					
Ítem	Cantidad	Unidad	DESCRIPCIÓN	Precio Unitario	Precio Total
1	61	rollo	Cable UTP de 4 pares, trenzado, Categoría 6	183.75	11208.75
2	11	U	Bastidor Estandar EIA dimensiones: 84.0" x 20.3" x 3.0"	32	352.00
3	22	U	Paneles de conexión metálico de 24 puertos, Categoría 6	30	660.00
4	12	U	Gabinete de pared modelo GL24WM	45	540.00
5	560	U	Conector Macho RJ-45 Panduit SP688-C	1	560.00
6	560	U	Conectores Hembra RJ-45 Panduit CJ6X88TGRD	4.5	2520.00
7	542	U	Cajas Simples Panduit CFPE1IW-LY	1	542.00
8	18	U	Cajas Doble Panduit CFPE2IW-LY	1.15	20.70
9	24	U	Organizadores vertical Panduit WMPVF45	39.99	959.76
10	74	U	Organizador horizontal similar a Panduit WMPH2	19.99	1479.26
11	400	m	Bandeja Portacables	1.06	424.00
12	260	m	Canaleta 1 ¼ de pulgada	3.13	813.80
13	850	m	Canaleta de ¾ de pulgada	2.21	1878.50
14	12	u	Router Tp - Link - TI Wr941nd	78.99	947.88
Sub Total					22906.65
IVA 12 %					2748.798
Total					25655.45

**Cuadro 7.9** Presupuesto referencial de los materiales para Cableado Estructurado

Instalación Cableado Estructurado						
Item	Cantidad	Unidad	Mano de Obra	Rendimiento	Costo Jornada	Costo Total
1	0.2	hh	Maestro de Obra	40%	23.38571429	1.87085714
2	2	hh	Técnico	40%	28.95714286	23.1657143
3	1.5	hh	Peón	40%	17.81428571	10.6885714
<b>Subtotal</b>						35.7251429
Total Mano de Obra						5001.52

**Cuadro 7.10** Presupuesto referencial de la mano de Obra para la Instalación del Cableado Estructurado

Instalaciones Eléctricas						
Ítem	Cantidad	Unidad	Mano de Obra	Rendimiento	Costo Jornada	Costo Total
1	0.2	hh	Maestro de Obra	40%	23.39	1.87
2	2	hh	Técnico	40%	30.81	24.65
3	1.5	hh	Peón	40%	17.814	10.68
<b>Subtotal</b>						37.21
Total Mano de Obra						24447.53

**Cuadro 7.11** Presupuesto Referencial para la mano de obra de las Instalaciones Eléctricas

En el cuadro 7.12 se muestra el presupuesto total, se toma en cuenta todos los rubros de instalaciones eléctricas, cableado estructurado, mano de obra y dirección técnica.

<b>PRESUPUESTO TOTAL</b>	
<b>ACTIVIDAD</b>	<b>COSTO</b>
LUMINARIAS	239904
MALLA DE TIERRA	2243
GENERADOR	23598
CONDUCTORES Y ACCESORIOS	63735
EQUIPO MT	15379
TRANSFORMADOR	32845
CABLEADO ESTRUCTURADO	25655
DIRECCIÓN TÉCNICA	33074
PLANOS	9000
INSTALACIONES ELÉCTRICAS	83800.65
INSTALACIONES CABLEADO ESTRUCTURADO	5001,52
<b>TOTAL</b>	<b>534235.84</b>

**7.12 Presupuesto Referencial para la remodelación de las instalaciones eléctricas de la Unidad Educativa “Manuela Cañizares”**

**Son Quinientos treinta y cuatro mil doscientos treinta y cinco 84/100 dólares americanos incluido el 12% IVA**

## **CAPÍTULO VIII**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **8.1 CONCLUSIONES**

1. El Distrito Metropolitano de Quito declaró al Edificio del Plantel educativo “Manuela Cañizares” como “Bien patrimonial relevante de la Nación” motivo por el cual se establece que no se pueden realizar cambios estructurales solo remodelaciones que no afecten al ornato que posee actualmente este plantel, esto nos dio una pauta para poder realizar nuestros diseños eléctricos procurando realizar el menor daño cuando se realice la implantación de este proyecto eléctrico.
2. De acuerdo con los resultados obtenidos por parte de los equipos instalados, los niveles del factor de potencia se encuentran bajo los límites establecidos por la regulación 004/01 del CONELEC, debido a que las instalaciones eléctricas se encuentran en condiciones deplorables ya que los equipos y red interna del plantel educativo es en su totalidad antigua.
3. Con el ahorro de Energía empleando luminarias eficientes y realizando el diseño más adecuado para este plantel educativo se puede recuperar la inversión inicial que requiere la implementación de las mismas.
4. Con la inversión estatal se puede cubrir fácilmente la remodelación completa de las instalaciones eléctricas de la Unidad Educativa “Manuela Cañizares” añadiendo tecnología de cableado estructurado dando un servicio de alta calidad a las futuras generaciones que recibirán instrucción en este plantel educativo.

5. Al implantar un sistema eficiente de iluminación a través de luminarias de alto rendimiento se mejora el nivel de visualización para los estudiantes y maestros además de ayudar a un correcto nivel de aprendizaje brindando confort a todas las personas que utilizan las instalaciones de este plantel.
6. Procurar un ambiente visual óptimo y una iluminación adecuada para la enseñanza y el aprendizaje así mismo sentirse seguro de las instalaciones que diariamente ocupan para mejorar el bienestar de las futuras generaciones que aquí se eduquen garantizando una buena educación.
7. Para el cálculo de las caídas de voltaje en los diferentes circuitos alimentadores tomamos en cuenta la distancia más lejana de dichos alimentadores y en base a las normas vigentes para caídas de voltaje permisibles en edificios públicos, los resultados obtenidos están dentro del rango permisible de caídas de voltaje el cual es inferior a 3% del voltaje nominal, empleando los conductores adecuados en base a su límite de conducción de corriente.
8. Para el cálculo del sistema de puesta a tierra de nuestro plantel se obtuvo una resistencia de  $10 \Omega$  y una resistividad del suelo de  $51.84 \Omega m$ , con lo cual se protege a todos los equipos que están instalados en nuestro plantel de sobre-voltajes que se produzcan en el mismo.
9. Se consideró para el dimensionamiento del grupo de emergencia cargas principales las cuales deben permitir continuar brindando su servicio para evitar inconvenientes con las actividades casi normales dentro del plantel educativo en caso de la ausencia del suministro eléctrico.
10. Para los diferentes circuitos tanto de iluminación y tomacorrientes se consideró el conductor #14 AWG y #12 AWG respectivamente, como el más adecuado debido a que las distancias no son demasiado grandes y

acorde a la capacidad de corriente que puede transportar se realizó grupos sean estos de luminarias como de tomacorrientes.

11. Los diferentes tableros de distribución se encuentran ubicados en los centros de carga conforme está la disposición de los diferentes circuitos en las áreas correspondientes a ellos con lo cual se facilita la operación y mantenimiento de estos tableros con sus respectivas protecciones.
12. Para el dimensionamiento del transformador se consideró las normas vigentes y exigidas por la empresa eléctrica Quito las cuales señalan y especifican los parámetros a considerar para su cálculo, además se estableció que es más factible utilizar un transformador PadMounted debido a que son más compactos con lo cual se reduce drásticamente el espacio a emplear y con ello evitamos la construcción de la cámara o cuarto que albergaría al transformador.
13. Para el diseño de cableado estructurado se tomó como referencia las normas T.I.A. así mismo se consideró para cada aula 2 puntos mínimos de red y se diseñó una red de cableado inalámbrico.
14. Con un transformador exclusivo para el edificio, el sistema eléctrico va a ser mucho más manejable y se evitaban pérdidas de energía. Así como perturbaciones eléctricas.
15. La implementación del diseño eléctrico y de cableado estructurado es una inversión que no es recuperable económicamente, pero que brindará bienestar y una alta calidad de educación a las futuras generaciones que aquí se eduquen.

## 8.2 RECOMENDACIONES

16. Observando la curva de carga concluimos que el uso de la energía eléctrica es ineficiente debido a que no existe un adecuado plan de ahorro de energía y la muy escasa campaña para incentivar el uso eficiente de la energía con lo cual es imperioso motivar a los estudiantes por intermedio de sus maestros a dar un correcto uso de la energía eléctrica dentro este plantel y por ende en sus hogares.
17. Se recomienda la adquisición del grupo electrógeno el cual sea el más eficiente y cumpla con las normas de medio ambiente establecidas por el municipio de Quito y estándares exigidos para evitar ocasionar inconvenientes a quienes estén a su alrededor.
18. Los Circuitos de las aulas de computación de ambas instituciones educativas actualmente se encuentran sobrecargados no se debe realizar ninguna ampliación o adquisición de equipos nuevos para estas aulas. Lo que se puede hacer es reemplazar las pantallas actuales por pantallas LCD o LED de alta eficiencia de consumo.
19. En el Edificio conocido como “Raúl López” se debe cambiar de inmediato la caja de protecciones de la planta baja ya que es un peligro inminente de incendios.
20. Tanto en este plantel educativo como en todos los de nuestro país no basta con un sistema de iluminación eficiente, se debe inculcar a los estudiantes y al personal medidas de ahorro de energía para tener una eficiencia máxima en el consumo de energía.

21. Se recomienda no realizar nuevas ampliaciones mientras no se haya corregido el sistema eléctrico actual, ya que esto puede llevar a pérdidas económicas a la institución.
22. Posteriormente de la remodelación del sistema eléctrico y de iluminación para ampliaciones en esta institución como en cualquier estatal se recomienda dejar de utilizar lámparas T12, ya que su bajo costo no compensa el consumo excesivo de energía que producen; la empresa Philips lleva la vanguardia en eficiencia energética y productos de alta luminosidad y un bajo consumo eléctrico.
23. Aun no se puede usar lámparas “LED” ya que si bien su consumo es muy bajo, su costo comercial aún es muy alto y para lograr el nivel de iluminación requerido se deben emplear muchas más lámparas haciendo que el ahorro de energía sea prácticamente nulo.
24. En el edificio conocido como “Edificio Nuevo” si bien es de recién construcción la distancia desde la acometida hasta su tablero es considerable y existe una caída de tensión considerable y sus fases se encuentran desbalanceadas, se recomienda al menos balancear las fases y solicitar a la empresa eléctrica la revisión de esta acometida.
25. En el edificio exterior conocido como “Bloque viejo” se recomienda independizar los circuitos de iluminación con los de tomacorrientes, así mismo estos circuitos se encuentran sobrecargados y requieren una remodelación inmediata.

# Anexos

---

## Anexo 1

### Descripción de los contadores de Energía.

#### Contador de Energía 1



**Figura 1.1 Anexo1** Contador de Energía electromecánico trifásico 4 hilos

**Nº** 388T75-CON-AT

**Suministro:** 814-3 registrado por la Unidad Educativa Experimental “Manuela Cañizares”.

**Ubicación:** 142 Av. 6 de diciembre N24 176 PB N24B Mariscal Foch La mariscal.

#### Contador de Energía 2



**Figura 1.2 Anexo 1** Contador de Energía electromecánico con registrador electrónico trifásico 4 hilos

N°208748-HEX-AT

**Suministro:** 730717-8 registrado por el Colegio Experimental “María Angélica Idrobo”.

**Ubicación:** Mariscal Foch N24 S/N PB Av. 6 de Diciembre

### Contador de Energía 3



**Figura 1.3 Anexo 1** Contador de Energía electromecánico bifásico 3 hilos

N°30828-ISK-AT

**Suministro:** 815-7 registrado por la Unidad Educativa Experimental “Manuela Cañizares”.

**Ubicación:** Mariscal Foch N24 S/N PB Av. 6 de Diciembre

### Contador de Energía 4



**Figura 1.4 Anexo 1** Contador de Energía electromecánico trifásico 4 hilos

N°66890-HOL-AT

**Suministro:** 1269384-2 registrado por el Colegio Experimental “María Angélica Idrobo”.

**Ubicación:** 142Av. 6 de Diciembre N24 176 PB N24D Lizardo García La Mariscal.

### Contador de Energía 5



**Figura 1.5 Anexo 1** Contador de Energía electromecánico trifásico 4 hilos

N°16826-LAN-AT

**Suministro:** 808-3 registrado por el Colegio Experimental “María Angélica Idrobo”.

**Ubicación:** 142Av. 6 de Diciembre N24 176 PB N24D Lizardo García La Mariscal.

### Contador de Energía 6



**Figura1.6 Anexo 1** Contador de Energía electrónico trifásico 4 hilos

**N°75002530**

**Suministro:** 1008-6 registrado por la Educativa Experimental “Manuela Cañizares”.

**Ubicación:** Av. 6 de Diciembre N24 176 PB N24 José Calama La Mariscal

## Contador de Energía 7



**Figura 1.7 Anexo 1** Contador de Energía electromecánico trifásico 4 hilos

**N°21061T15-Con-AT**

**Suministro:** 361996-7 registrado por la Educativa Experimental “Manuela Cañizares”.

**Ubicación:** Av. 6 de Diciembre N24 176 PB N24 Lizardo García.

### Contador de Energía 8



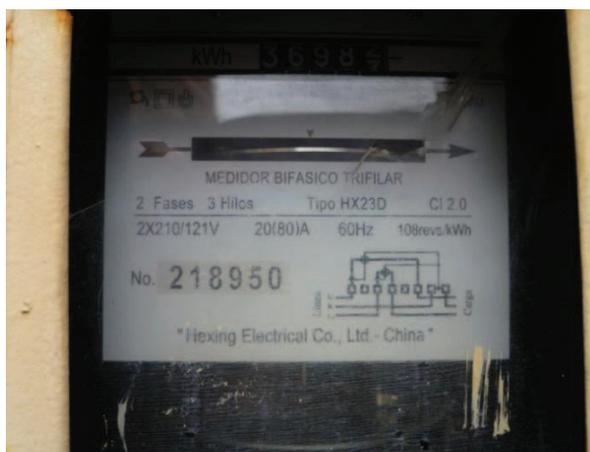
**Figura 1.8 Anexo 1** Contador de Energía trifásico 4 hilos

Nº75002228

**Suministro:** 880206-7 registrado por la Educativa Experimental “Manuela Cañizares”.

**Ubicación:** Av. 6 de Diciembre N24 176 PB N24 Lizardo García.

### Contador de Energía 9



**Figura 1.9 Anexo 1** Contador de Energía electromecánico Bifásico 3 hilos

**N°218950-HEX-AB**

**Suministro:** 1280466-0 registrado por la Educativa Experimental “Manuela Cañizares”.

**Ubicación:** Av 6 de Diciembre N24 176 PB N24 Lizardo García.

### Contador de Energía 10



**Figura 1.10 Anexo 1** Contador de Energía electromecánico Bifásico3 hilos

**N°189632-KRI-AT**

**Suministro:** 1015-0 registrado por la Educativa Experimental “Manuela Cañizares”.

**Ubicación:** Av. 6 de Diciembre N2421 PB Col J Pinto y Wilson La Mariscal.

## Anexo 2

### Comparación Entre el Método de Cálculo de Demanda de La Empresa Eléctrica Quito S.A. y el NEC

#### Método NEC

Tomando como referencia el artículo 100 del NEC definimos a carga continua como aquella que su máxima corriente se presenta durante 3 horas o más continuamente

El Factor de Demanda (Fd) se define como la relación entre la máxima demanda y la carga total instalada, o simplemente un factor que se aplica a la carga y es menor al 100% (o a 1).

La carga es calculada en base al tipo y uso de la misma y de acuerdo a los requerimientos de esta.

Categorizando el tipo de carga para nuestro caso se tiene:

1. Cargas de iluminación
2. Cargas de fuerza (tomas)
3. Cargas de fuerza especiales (toma especial)

#### Carga 1 – Iluminación

Las cargas de iluminación se consideran como continuas o no continuas y para algunos casos especiales el código permite el uso de un factor de demanda. Para sistemas a 600 voltios o menos los requerimientos sobre cargas continuas están localizados en las secciones 210.19 y 210.20 para circuitos ramales, secciones 215.2 y 215.3 para alimentadores y sección 230.42 para conductores de acometida.

Tipo de Ocupación	Unidad de Carga por pie cuadrado
Viviendas Unitarias y multifamiliares	3 W por metro cuadrado

**Cuadro 1.1** Anexo 2 Unidad de Carga por pies cuadrados

Tipo de Ocupación	Porción de la carga de iluminación y pequeños artefactos a la que se aplica el factor de demanda (W)	Factor de Demanda (%)
Vivienda	Hasta los primeros 3000	100
	Los siguientes 3001 a 120000	35
	Mayores a 120000	25

**Cuadro 1.2** Anexo 2 Porción de carga de iluminación y pequeños artefactos

### Carga 2 – Tomas

La carga de tomas es la segunda carga a considerar, esta carga se divide en dos subgrupos:

1. Salidas de tomas de aplicación general
2. Salidas de tomas múltiple (ensambladas de fábrica)

Se debe determinar si el uso de los tomas es continuo o no continuo usando la tabla 220.13

Electrodomésticos	Carga (kVA)
Secadora de ropa	4
Triturador de Basura	1.18
Lavadora de Platos	1.2
Bomba de agua	1.18
Horno de motor	0.7
Carga Total	8.26
Factor de demanda	0.75
Carga a ser considerada para el dimensionamiento (kVA)	6.19

**Cuadro 1.3** Anexo 2 Cuadro de Demanda Para Tomas Eléctricas

### Carga 3 - Salidas de toma especial

La cargas de tomas especiales es el tercer tipo de cargas a ser consideradas para el propósito de cálculo y dimensionamiento de acometidas y alimentadores y sus protecciones de sobre corriente, la carga debe ser clasificada como continua o no continua y cuando sea permitido usar factores de demanda como se especifica en el art. 220 del NEC

Número de artefactos	Menos de 3.5 kW	Entre 3.5 y 8.75 kW	No más de 10kW
	A	B	C
1	80%	80%	8
2	75%	65%	11
3	70%	55%	14
4	66%	50%	17

**Cuadro 1.4 Anexo 2 Cuadros de tomas especiales**

### **Cálculo total de carga en VA**

Para calcular la carga total de los puntos anteriores, entonces tenemos que:

Carga 1 + Carga 2 + Carga 3

En el método del NEC se puede organizar las cargas y dimensionar los alimentadores y acometidas en una instalación. A diferencia del método de la empresa eléctrica que toma todas las cargas por igual además de cargas electrónicas.

Transformador	Demanda Diversificada (kVA)
12553	90,3
20803	56,4
15353	92,4
35787	35,3
18165	48,3

**Cuadro 1.5 Anexo 2 Demanda Diversificada (kVA)**

### **Conclusiones:**

1. El método de cálculo realizado con las normas NEC resulta ser mucho más exacto y eficiente en comparación con el de la Empresa Eléctrica Quito.
2. El cálculo con el método del NEC resulta ser mucho más técnico y se puede aplicar programas de cálculo de protecciones de las diferentes marcas comerciales de protecciones y tableros.

## BIBLIOGRAFÍA

- National Fire Protection Association, "*National Electric Code*", Sistemas de Suministro Eléctrico NFPA 70E. Estados Unidos, 2008
- Trashorras Montecelos Jesús, "*Desarrollo de las instalaciones eléctricas de distribución*", 2000
- Enriquez Harper, "*El ABC en instalaciones eléctricas en edificio y comercios*" Instituto Politécnico Nacional, México, 2006
- Caliz R, Estrella D., Logroño D., "*Modernas tecnologías de transmisión de datos*", México, 2003
- Foley Joseph H, "*Fundamentos de Instalaciones Eléctricas*" D. F. McGraw-Hill, México D.F, 1991
- Hidalgo P., Ledesma B. "*Sistemas de Cableado Estructurado*" Ecuador 1998
- Joskowics J. "*Cableado Estructurado Instituto Ingeniería Eléctrica*", Mexico, 2003
- Ing. Fausto G. Avilés "*Instalaciones Eléctricas*" , Escuela Politécnica Nacional, Ecuador, Marzo 2008
- Ing. Fausto G. Avilés, Apuntes de Clase "*Instalaciones Eléctricas*" , Escuela Politécnica Nacional, Ecuador, Marzo 2010
- Ing. Fausto G. Avilés, Apuntes de Clase "*Instalaciones Industriales*" , Escuela Politécnica Nacional, Ecuador, Marzo 2010
- Ing. Ayora P., Apuntes de Clase "*Diseño de Alto Voltaje*", Escuela Politécnica Nacional, Ecuador, Septiembre 2011
- Asociación Electrotécnica Argentina "*Reglamentación para la ejecución de Instalaciones Eléctricas en Inmuebles. A.E.A.*", Argentina, Edición marzo 2006

- EMPRESA ELÉCTRICA QUITO “*Normas para Sistemas de Distribución Parte A – guía de Diseño*” Página 26, Ecuador, Junio 2009
- Norma Ecuatoriana de Construcción 10 PARTE 9 “*Instalaciones Electromecánicas Residenciales y Comerciales*” Ecuador, Julio 1996
- NEMA MG “*National Electrical Manufacturers Association*”, Estados Unidos, Agosto 2010
- Normas ITC “*Instalaciones de almacenamiento para su consumo en la propia instalación*”, España, Enero 2010
- TIA/568 - B.1 “*Estándar de Cableado para telecomunicaciones*”, Estados Unidos, 2001
- TIA/569 – A “*Estándar de Cableado para telecomunicaciones*”, Estados Unidos, 2001
- TIA/606 – A “*Estándar de Cableado para telecomunicaciones*”, Estados Unidos, 2001
- Philips, Estándares Europeos Normalizados “*Norma Europea sobre iluminación para interiores*”, España, Febrero 2002

## REFERENCIAS

- [1]: <http://www.ueemanuelac.edu.ec/ec/index.php/quienes-somos/historia> “*Reseña Histórica Unidad Educativa Manuela Cañizares*” Página Web Unidad Educativa Manuela Cañizares, Ecuador 2010
- [2]: NEC 10 PARTE 9 “*Instalaciones Electromecánicas Residenciales y Comerciales*” Sección 11.0.2.05, Ecuador, Julio 1996
- [3]: NEC 10 PARTE 9 “*Instalaciones Electromecánicas Residenciales y Comerciales*” Sección 11.0.2.04, Ecuador, Julio 1996
- [4]: NEC 10 PARTE 9 “*Instalaciones Electromecánicas Residenciales y Comerciales*” Sección 11.04.0.2, Ecuador, Julio 1996
- [5]: NEC 10 PARTE 9 “*Instalaciones Electromecánicas Residenciales y Comerciales*” Sección 6.0, Ecuador, Julio 1996
- [6]: NEC 10 PARTE 9 “*Instalaciones Electromecánicas Residenciales y Comerciales*” Sección 11.04.0.1, Ecuador, Julio 1996
- [7]: NEC 10 PARTE 9 “*Instalaciones Electromecánicas Residenciales y Comerciales*” Sección 6.5, Ecuador, Julio 1996
- [8]: NEC 10 PARTE 9 “*Instalaciones Electromecánicas Residenciales y Comerciales*” Sección 8.0.4, Ecuador, Julio 1996
- [9]: NEC 10 PARTE 9 “*Instalaciones Electromecánicas Residenciales y Comerciales*” Sección 8.0.1, Ecuador, Julio 1996
- [10] [http://www.proyectoluz.com/PDF/NORMATIVAS/normativa\\_europea\\_iluminacion\\_interior/normativa\\_europea\\_iluminacion\\_interior.pdf](http://www.proyectoluz.com/PDF/NORMATIVAS/normativa_europea_iluminacion_interior/normativa_europea_iluminacion_interior.pdf) “*Philips Proyecto luz*” Sección 1 Página 45, España, Febrero 2002
- [11]: Ing. Fausto G. Avilés “*Instalaciones Eléctricas*” Sección D-6, Ecuador, Marzo 2008
- [12]: Ing. Fausto G. Avilés “*Instalaciones Eléctricas*” Sección D-6, Ecuador, Marzo 2008
- [13]: NEC 10 PARTE 9 “*Instalaciones Electromecánicas Residenciales y Comerciales*” Sección 3.1, Ecuador, Julio 1996
- [14]: EMPRESA ELÉCTRICA QUITO “*Normas para Sistemas de Distribución Parte A – guía de Diseño*” Página 26, Ecuador, Junio 2009
- [15]: NEC 10 PARTE 9 “*Instalaciones Electromecánicas Residenciales y Comerciales*” Sección 3.2.1, Ecuador, Julio 1996
- [16]: Apuntes de Clase “*Diseño en Alto Voltaje*” Ing. Ayora P. Ecuador 2011

[17]: NEC 10 PARTE 9 "*Instalaciones Electromecánicas Residenciales y Comerciales*" Sección 8.0.1, Ecuador, Julio 1996

[18]: NEMA MG "*National Electrical Manufacturers Association*" Sección 32, Tabla 32.1, Estados Unidos, Agosto 2010

[19]: Apuntes de Clase "*Control Industrial*" Ing. Pablo Angulo. Ecuador 2011

[20]: Normas ITC "*Instalaciones de almacenamiento para su consumo en la propia instalación*" Capítulo 2 Sección 6, Tabla 32.1, España, Enero 2010

[21]: NOM-081-ECOL "*Límites máximos Permisibles de Emisión de Ruido*" Capítulo 1 Sección 5, México, 1994

[22]: TIA/568 - B.1 "*Estándar de Cableado para telecomunicaciones*" Cableado Horizontal, Estados Unidos, 2001

[23]: TIA/568 - B.1 "*Estándar de Cableado para telecomunicaciones*" Cableado Vertical, Estados Unidos, 2001

[24]: TIA/568 - B.1 "*Estándar de Cableado para telecomunicaciones*" Armario de Telecomunicaciones, Estados Unidos, 2001

[25]: TIA/568 - B.1 "*Estándar de Cableado para telecomunicaciones*" Cuarto de Equipos, Estados Unidos, 2001