



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO ELÉCTRICO**

**TEMA:
REINGENIERÍA ELÉCTRICA DEL EDIFICIO DE LAS AULAS DEL
BLOQUE B**

**AUTORES:
HERRERA MALLIQUINGA PAÚL DARÍO
ZHUNE VILLAGRAN ISRAEL WELLINGTON**

**DIRECTOR:
ING. CÉSAR CÁCERES**

GUAYAQUIL, AGOSTO 2013

DEDICATORIAS

A ti Dios todopoderoso, por darme unos maravillosos padres, Yolanda y León, quienes con su inmenso amor me inculcaron desde pequeño buenos valores, supieron darme consejos en momentos difíciles, me brindaron su apoyo incondicional, me daban el aliento y la fortaleza para cumplir con mi sueño y meta propuesta, logrando así formar una persona correcta que siga por el sendero del bien.

Paúl Darío

Quiero dedicar este trabajo de tesis a mis hermanos Darwin y Wellington que aportaron con sus sabios consejos en el trayecto de mi vida, a mi novia y amiga Andrea quien me dio la motivación e impulso para culminar mis estudios satisfactoriamente, y en especial a mi madre Nelly quien me ha apoyado incondicionalmente desde los inicios de mis estudios.

Wellington Israel

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos principalmente a Dios por ser el hacedor de todas las cosas y el motor principal que nos ha permitido llegar a cumplir uno de nuestros sueños más anhelados, a nuestros maestros por la confianza y conocimientos, que nos brindaron desde el inicio de nuestra carrera hasta el término de nuestra preparación profesional, a nuestros amigos cercanos por compartir experiencias buenas y malas a lo largo del lapso estudiantil, por su apoyo y consejos, siempre los recordaremos.

En especial agradecemos al Ing. Cesar Cáceres, Econ. Susana Lam y al Ing. Pol Vera por haber complementado nuestros conocimientos durante el desarrollo de nuestra tesis, y a las personas que nos permitieron acceder sin ningún impedimento a las instalaciones de la Universidad para realizar nuestras labores.

Paúl Darío Herrera Malliquinga.

Wellington Israel Zhune Villagrán.

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, Paúl Darío Herrera Malliquinga y Wellington Israel Zhune Villagrán alumnos de la Universidad Politécnica Salesiana, Facultad de Ingenierías, carrera de Ingeniería Eléctrica, libre y voluntariamente declaramos que la presente tesis ha sido realizada en su totalidad por nosotros, por tal razón asumimos la responsabilidad por su autoría.

Guayaquil, 20 de Agosto de 2013.

Paul Darío Herrera Malliquinga

Wellington Israel Zhune Villagrán

ÍNDICE

DEDICATORIAS	II
AGRADECIMIENTOS	III
DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	IV
ÍNDICE DE TABLAS	XI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XIII
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS	XVI
ÍNDICE DE ANEXOS	XIX
INTRODUCCIÓN	21
1 ANTECEDENTES	22
1.1 Planteamiento del problema.....	22
1.2 Justificación	22
1.3 Alcances.....	23
1.4 Objetivo general.....	24
1.5 Objetivos específicos	24
2 MARCO TEÓRICO	25
2.1 Conceptos Básicos de Electricidad.....	25
2.1.1 Acometida.....	25
2.1.2 Ampacidad.....	27
2.1.3 Bandejas portacables.....	27
2.1.4 Barras de cobre y aluminio	28
2.1.5 Base (socket).....	31
2.1.6 Carga.....	31
2.1.7 Carga conectada	31
2.1.8 Carga continua	31
2.1.9 Carga fluctuante	31
2.1.10 Circuito	32
2.1.11 Circuito de Alumbrado.....	32
2.1.12 Circuito de Control Remoto.....	32
2.1.13 Circuito Derivado.....	32
2.1.14 Circuito de Fuerza.....	32
2.1.15 Circuito de Señalización	33
2.1.16 Conductores	33

2.1.17	Conductor activo	33
2.1.18	Conductor Aislado	33
2.1.19	Conductor de Puesta a Tierra	33
2.1.20	Conductor Neutro.....	33
2.1.21	Conductor Protegido	33
2.1.22	Conductores de señal	34
2.1.23	Consumidor	34
2.1.24	Contacto a Tierra.....	34
2.1.25	Contactador.....	34
2.1.26	Corriente eléctrica.....	34
2.1.27	Corriente continua.....	35
2.1.28	Corriente alterna.....	36
2.1.29	Corriente de Fuga.....	36
2.1.30	Cortocircuito	36
2.1.31	Demanda	36
2.1.32	Demanda máxima	37
2.1.33	Devanado	37
2.1.34	Dispositivo	37
2.1.35	Disyuntor (Interruptor Automático).....	37
2.1.36	Electrodo	37
2.1.37	Electrodo de puesta a tierra.....	37
2.1.38	Empalme	37
2.1.39	Empresa (distribuidor)	38
2.1.40	Enchufe	38
2.1.41	Equipo	38
2.1.42	Factor de Carga	38
2.1.43	Factor de Demanda	38
2.1.44	Factor de Diversidad	38
2.1.45	Factor de Potencia.....	39
2.1.46	Factor de Simultaneidad.....	39
2.1.47	Factor de Utilización.....	39
2.1.48	Fusible (o Cortacircuito Fusible)	39
2.1.49	Franja de servicio	39
2.1.50	Hertz.....	39
2.1.51	Hilo	39
2.1.52	Impedancia.....	40
2.1.53	Interruptor	40

2.1.54	Magnitudes eléctricas.....	40
2.1.55	Maniobra.....	46
2.1.56	Maniobrable desde fuera.....	47
2.1.57	Mantenimiento.....	47
2.1.58	Máquina Eléctrica (Rotativa).....	47
2.1.59	Marcha en Vacío.....	47
2.1.60	Mecanismo de Control.....	47
2.1.61	Medidor.....	47
2.1.62	Medidor autosuficiente o auto-contenido.....	47
2.1.63	Medidor para medición indirecta.....	48
2.1.64	Medidor totalizador.....	48
2.1.65	Panel de Distribución.....	48
2.1.66	Parte Activa.....	48
2.1.67	Placa de Características.....	48
2.1.68	Polaridad.....	48
2.1.69	Polo.....	49
2.1.70	Potencia Instalada.....	49
2.1.71	Potencia útil de una máquina.....	49
2.1.72	Protegido (Aplicado principalmente a equipos eléctricos).....	49
2.1.73	Puesta a Tierra.....	49
2.1.74	Puesto a Tierra.....	49
2.1.75	Resguardo.....	50
2.1.76	Resistencia a Tierra.....	50
2.1.77	Resistente.....	50
2.1.78	Resistividad.....	50
2.1.79	Seccionador.....	50
2.1.80	Seccionador Fusible.....	50
2.1.81	Servicio eléctrico.....	51
2.1.82	Tablero.....	51
2.1.83	Tablero de medición.....	51
2.1.84	Tensión a Tierra.....	51
2.1.85	Tensión de Toque.....	51
2.1.86	Tensión Nominal.....	51
2.1.87	Toma de Tierra.....	52
2.1.88	Transformador.....	52
2.1.89	Tripolar.....	52
2.2	Conceptos de Calidad de Energía.....	52

2.2.1	Calidad de energía.....	52
2.2.2	Importancia de la calidad de la energía eléctrica (CEE).....	53
2.2.3	Aspectos generales de la calidad de la energía eléctrica.....	53
2.2.4	Perturbaciones.....	56
2.2.5	Flícker.....	57
2.2.6	Armónicas.....	59
2.2.7	Potencia.....	61
2.2.8	Factor de Potencia.....	64
2.3	Definiciones de Puesta a Tierra.....	68
2.3.1	Tierra Física.....	68
2.3.2	Tierra del Circuito.....	68
2.3.3	Tierra del Equipo.....	68
2.3.4	Tierra de Protección contra Rayos o descargas atmosféricas.....	68
2.3.5	Tierra de Referencia.....	69
2.3.6	Malla de Tierra.....	69
2.3.7	Métodos de Conexión del Neutro a Tierra del Sistema Eléctrico.....	69
2.3.8	Necesidad de Conexión a Tierra: Punto de vista de la seguridad.....	71
2.3.9	Voltaje de Toque, de Paso y transferido.....	71
2.3.10	Efectos de la Humedad en el Suelo.....	73
2.3.11	Efecto de la temperatura en el Suelo.....	74
2.3.12	La concentración de sales disueltas.....	74
2.3.13	Efecto de la Gradiente de Voltaje.....	75
2.4	Definiciones de Riesgo Eléctrico.....	75
2.4.1	Riesgo eléctrico.....	75
2.5	Revisión de normativa para la elaboración de diagramas eléctricos.....	84
2.5.1	Introducción a los esquemas eléctricos.....	84
2.5.2	Símbolos eléctricos.....	86
2.5.3	Esquemas Eléctricos para aplicaciones residenciales y comerciales.....	88
2.5.4	Código de colores para conductores eléctricos.....	92
2.5.5	Marcado de Redes y Aparatos Eléctricos.....	93
2.5.6	Documentos Técnicos Eléctricos.....	96
2.6	Conceptos del Método Cuantitativo de Análisis de Riesgo.....	98
2.6.1	Identificación y valoración de Factores de Riesgo.....	98
2.6.2	Valoración de Factores de Riesgo.....	99
3	ANÁLISIS DEL BLOQUE B.....	100
3.1	Metodología.....	100

3.1.1	Diseño de la propuesta	100
3.1.2	Los instrumentos de recolección de información.....	101
3.1.3	Fases metodológicas	102
3.2	Situación actual del Bloque B.....	103
3.2.1	Introducción	103
3.2.2	Generalidades.....	103
3.2.3	Descripción del estado actual de las instalaciones eléctricas del Bloque B .	104
3.2.4	Acometida a 13.8 KV desde la Empresa Eléctrica de Guayaquil.	104
3.2.5	Cuarto de transformación.....	105
3.2.6	Tableros eléctricos	112
3.2.7	Distribución eléctrica de aulas, laboratorios y pasillos del Bloque B.....	133
3.3	Análisis del sistema de puesta a tierra	142
3.3.1	Sistema de Puesta a Tierra en Cuarto de Transformadores 13.8 KV	142
3.3.2	Características Eléctricas del Transformador de Distribución.....	143
3.3.3	Ubicación de puntos de conexión de Tierra en el Cuarto de Transformador	144
3.3.4	Ubicación de puntos de conexión a Tierra para el Laboratorio de Alta Tensión	146
3.3.5	Mediciones de los Sistemas de Puesta a Tierra.....	148
3.3.6	Medición de resistencia del sistema de puesta a tierra actual con el método de 62%.	149
3.3.7	Resistividad del Terreno	151
3.3.8	Resistividad de la capa superficial (ρ_s).....	153
3.3.9	Sistema de Puesta a Tierra existente a nivel de baja tensión en Tableros de Distribución.....	154
3.3.10	Comprobación de la conexión a tierra y la polaridad en un tomacorriente de tres ranuras del Bloque B.	155
3.3.11	Conexión de bandejas portacables, tuberías de agua, estructuras metálicas no conductoras de energía electricidad	157
3.3.12	Protección contra descargas atmosféricas	157
3.3.13	Resultados	159
3.4	Reporte: medición de calidad de energía	160
3.4.1	Antecedentes	160
3.4.2	Frecuencia	163
3.4.3	Voltaje.....	163
3.4.4	Corriente	166
3.4.5	Flícker	169
3.4.6	THD de voltaje.....	171

3.4.7	THD de corriente	172
3.4.8	Total de potencia activa	172
3.4.9	Total de potencia reactiva	173
3.4.10	Total de energia.....	176
3.4.11	Conclusiones	176
3.4.12	Recomendaciones generales a tomar en cuenta	177
3.5	Análisis de riesgo.....	178
3.5.1	Metodología de Valorización FINE	178
3.5.2	Riesgos encontrados.....	182
4	PROPUESTA DE MEJORAMIENTO A LAS INSTALACIONES DEL	
	EDIFICIO DEL BLOQUE B - REINGENIERÍA.....	190
4.1	Descripción general del alcance del proyecto.....	190
4.2	Descripción de la propuesta al sistema eléctrico.....	192
4.2.1	Acometida a nivel de 13.8 KV.....	192
4.2.2	Cuarto de transformación.....	193
4.2.3	Cuarto de tableros	198
4.2.4	Diseño de malla de puesta a tierra general.....	199
	Protección Contra Descargas Atmosféricas.....	204
	Cálculo de Nivel de Protección del Bloque B.....	204
4.2.5	Modificación de luminarias para las aulas del edificio.....	212
4.2.6	Diseño para la instalación de los nuevos laboratorios y sus servicios generales.	217
	CONCLUSIONES.....	221
	RECOMENDACIONES.....	222
	BIBLIOGRAFÍA.....	223
	ANEXO.....	225

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 2.1: RESISTIVIDAD DE ALGUNOS MATERIALES	42
TABLA 2.2: COEFICIENTE DE TEMPERATURA DE ALGUNOS METALES	46
TABLA 2.3: VARIACIONES DE VOLTAJE CON RESPECTO AL VALOR DEL VOLTAJE NOMINAL	56
TABLA 2.4: VALORES LÍMITES DE ARMÓNICAS DE VOLTAJE.....	60
TABLA 2.5: SÍMBOLOS ELÉCTRICOS.....	86
TABLA 2.6: CÓDIGO DE COLORES PARA CONDUCTORES ELÉCTRICOS	92
TABLA 3.1: DATOS DE PLACA DE TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCIÓN.....	107
TABLA 3.2: DATOS DE PLACA DE CENTRAL DE AIRE DE 36000 BTU/hr.	117
TABLA 3.3: DATOS DE PLACA DE CENTRAL DE AIRE DE 60000 BTU/hr.	117
TABLA 3.4: LABORATORIOS Y PANELES DE DISTRIBUCIÓN	121
TABLA 3.5: PISOS Y PANELES DE DISTRIBUCIÓN	130
TABLA 3.6: VALORES MÁXIMOS DE RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA	148
TABLA 3.7: VALORES MÁXIMOS DE RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA	149
TABLA 3.8: RESISTIVIDADES TÍPICAS DEL SUELO	153
TABLA 3.9: MEDICIONES DE VOLTAJE EN TOMACORRIENTES	156
TABLA 3.10: THD DE VOLTAJE	171
TABLA 3.11: THD DE CORRIENTE	172
TABLA 3.12: TABLA DE RESUMEN	177
TABLA 3.13: NIVEL DE CONSECUENCIAS DEL RIESGO.....	180
TABLA 3.14: NIVEL DE EXPOSICIÓN A UN RIESGO	181
TABLA 3.15: NIVEL DE PROBABILIDADES DEL RIESGO	181
TABLA 3.16: NIVEL DEL GRADO DE RIESGO.....	182
TABLA 4.4.1: VALORES PARA EL CÁLCULO DE MALLA A TIERRA.....	201
TABLA 4.2: RANGO DE RESISTIVIDAD DEL SUELO.....	202
TABLA 4.3: DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE AMBIENTAL	206
TABLA 4.4: DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE ESTRUCTURAL	207
TABLA 4.5: DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DEL CONTENIDO DE LA ESTRUCTURA	207
TABLA 4.6: DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DE OCUPACIÓN DE LA ESTRUCTURA	207
TABLA 4.7: COEFICIENTE DE CONSECUENCIAS DE LA CAÍDA DEL RAYO.....	208
TABLA 4.8: TIPOS DE NIVEL DE ACUERDO A VALORES CRÍTICOS DE E INEFECTIVO CORRESPONDIENTES.....	208

TABLA 4.9: TAREAS Y ACTIVIDADES EN AREAS INTERIORES CON ESPECIFICACIONES DE LA ILUMINACIA, LA LIMITACION DEL DESLUMBRAMIENTO Y LA CUALIDAD DE COLOR.....	214
TABLA 4.10: LISTADO DE LABORATORIOS, OFICINAS Y PANELES	218

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 2.1: BANDEJA PORTA CABLES	27
FIGURA 2.2: BARRAS DE COBRE Y ALUMINIO	28
FIGURA 2.3: BARRAS ROSCADAS DE COBRE.....	30
FIGURA 2.4: BARRAS DE COBRE PREFORADAS	30
FIGURA 2.5: CONDUCTOR ELÉCTRICO.....	33
FIGURA 2.6: DESPLAZAMIENTO DE ELECTRONES.....	35
FIGURA 2.7: GRÁFICO DE CORRIENTE CONTINUA (DC)	35
FIGURA 2.8: GRÁFICO DE CORRIENTE ALTERNA (AC).....	36
FIGURA 2.9: CIRCUITO ELÉCTRICO BÁSICO	43
FIGURA 2.10: TIPOS DE PERTURBACIONES	57
FIGURA 2.11: REPRESENTACIÓN VECTORIAL, PARA CARGAS; RESISTIVA, INDUCTIVA Y CAPACITIVA.	61
FIGURA 2.12: TRIÁNGULO DE POTENCIAS	64
FIGURA 2.13: DIAGRAMA DE VECTORES.....	64
FIGURA 2.14: PRESENTACIÓN GRÁFICA DEL FACTOR DE POTENCIA.....	65
FIGURA 2.15: REPRESENTACIÓN Y CORRESPONDENCIA	66
FIGURA 2.16: SUMINISTRO TNC TÍPICO NEUTRO PUESTO A TIERRA.....	70
FIGURA 2.17: REFERENCIA DE VOLTAJE DE PASO Y DE TOQUE.....	72
FIGURA 2.18: VARIACIÓN DE LA RESISTIVIDAD EN RELACIÓN DIRECTA CON LOS PORCENTAJES DE HUMEDAD CONTENIDA EN EL SUELO.....	73
FIGURA 2.19: RESISTIVIDAD DEL TERRENO EN FUNCIÓN DEL DESCENSO DE LA TEMPERATURA.....	74
FIGURA 2.20: GRAFICA DE LA RELACIÓN ENTRE A RESISTIVIDAD DEL TERRENO Y EL PORCENTAJE DE SAL.	74
FIGURA 2.21: SINÓPTICO DE UNA MÁQUINA ACCIONADA POR ELECTRICIDAD	85
FIGURA 2.22: REPRESENTACIÓN ESQUEMA MULTIFILAR	89
FIGURA 2.23: REPRESENTACIÓN ESQUEMA FUNCIONAL HORIZONTAL.....	90
FIGURA 2.24: ESQUEMA UNIFILAR.....	90
FIGURA 2.25: ESQUEMA DE EMPLAZAMIENTO O DE ALZADO	91
FIGURA 2.26: ESQUEMA GENERAL.....	92
FIGURA 2.27: RED TRIFÁSICA CON NEUTRO	93
FIGURA 2.28: RED TRIFÁSICA CON FUSIBLES DE PROTECCIÓN	93
FIGURA 2.29: PRESENTACIÓN DE SECCIONADORES	93
FIGURA 2.30: CONTACTOR CON CONTACTOS AUXILIARES	94

FIGURA 2.31: TÉRMICO Y CONTACTOS AUXILIARES	94
FIGURA 2.32: RELÉ AUXILIAR CON VARIOS CONTACTOS	94
FIGURA 2.33: TEMPORIZADOR A LA CONEXIÓN (AL TRABAJO)	95
FIGURA 2.34: TEMPORIZADOR A LA DESCONEXIÓN (REPOSO).....	95
FIGURA 2.35: PULSADORES.....	95
FIGURA 2.36: FINES DE CURSO.....	95
FIGURA 2.37: MOTOR TRIFÁSICO CON ROTOR EN CORTO CIRCUITO	96
FIGURA 2.38: MOTOR TRIFÁSICO CON ROTOR BOBINADO.....	96
FIGURA 3.1: DETERMINACIÓN DEL INDICATIVO EN EL EJEMPLO DEL GRUPO DE CONEXIÓN DY5.....	144
FIGURA 3.2: VISTA SUPERIOR DE CUARTO DE TRANSFORMADORES UBICACIÓN DE PUNTOS DE CONEXIÓN DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA	145
FIGURA 3.3: VISTA SUPERIOR DE ARREGLO DE ELECTRODOS QUÍMICOS UBICADOS EN LA ENTRADA OESTE PLANTA BAJA.	147
FIGURA 3.4: MÉTODO DEL 62%	150
FIGURA 3.5: MÉTODO DE LOS 4 ELECTRODOS O WENNER.....	152
FIGURA 3.6: REFERENCIA DE TIERRA DEL EQUIPO O TIERRA DE SEGURIDAD	154
FIGURA 3.7: FRECUENCIA/DESEQUILIBRIO	163
FIGURA 3.8: VOLTAJE RMS LÍNEA 1.....	164
FIGURA 3.9: VOLTAJE RMS LÍNEA 2.....	165
FIGURA 3.10: VOLTAJE RMS LÍNEA 3.....	165
FIGURA 3.11: VOLTAJE RMS NEUTRO	166
FIGURA 3.12: CORRIENTE RMS DE LÍNEA 1.....	167
FIGURA 3.13: CORRIENTE RMS DE LÍNEA 2.....	167
FIGURA 3.14: CORRIENTE RMS DE LÍNEA 3.....	168
FIGURA 3.15: CORRIENTE RMS DEL NEUTRO.....	168
FIGURA 3.16: FLICKER LÍNEA 1	169
FIGURA 3.17: FLICKER LÍNEA 2	170
FIGURA 3.18: FLICKER LÍNEA 3	171
FIGURA 3.19: POTENCIA LÍNEA 1	174
FIGURA 3.20: POTENCIA LÍNEA 2	174
FIGURA 3.21: POTENCIA LÍNEA 3	175
FIGURA 3.22: POTENCIA TOTAL.....	175
FIGURA 3.23: ENERGÍA LÍNEA TOTAL	176
FIGURA 4.1: CONSTRUCCIÓN DE UN POZO COLECTOR DE ACEITE.....	194

FIGURA 4.2: EXTINTOR.....	196
FIGURA 4.3: LETREROS DE SEÑALIZACIÓN.....	197
FIGURA 4.4: IMPEDANCIAS TÍPICAS DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA TRIFÁSICOS.....	202
FIGURA 4.5: ARREGLO DE VARILLAS DE UN SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA RAYOS.....	211
FIGURA 4.6: VISTA DE EDIFICIO CON ARREGLO DE VARILLAS DE UN SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA RAYOS.	212
FIGURA 4.7: VALORES CARACTERÍSTICOS DE LÚMENES OBTENIDOS	215
FIGURA 4.8: DISTRIBUCIÓN DE LUMINARIAS EN AULAS DE CLASES	215
FIGURA 4.9: ILUMINANCIAS EN EL PLANO DE TRABAJO.....	216
FIGURA 4.10: DENSIDAD DE ESPECTRO LUMINOSO EN EL PLANO DE TRABAJO	217

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

FOTOGRAFÍA 3.1: ACOMETIDA 13.8KV EMPRESA ELÉCTRICA GUAYAQUIL ...	104
FOTOGRAFÍA 3.2: VISTA DE TIRAFUSIBLE 25 A.....	105
FOTOGRAFÍA 3.3: CUARTO DE TRANSFORMACIÓN	106
FOTOGRAFÍA 3.4: TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCIÓN 500KVA	106
FOTOGRAFÍA 3.5: MEDIDOR POLIFÁSICO CLASE 20.....	108
FOTOGRAFÍA 3.6: TRANSFORMADORES DE CORRIENTE	108
FOTOGRAFÍA 3.7: ACOMETIDA DE TRANSFORMADOR HACIA TDP	109
FOTOGRAFÍA 3.8: ACOMETIDA DE TRANSFORMADOR SOBRE PARRILLA PORTACABLES	109
FOTOGRAFÍA 3.9: INTERIOR DEL CUARTO DE TRANSFORMACIÓN	111
FOTOGRAFÍA 3.10: TABLEROS DE DISTRIBUCIÓN TDP y TDP-BLOQUE B.....	112
FOTOGRAFÍA 3.11: DISYUNTORES DE TDP.....	113
FOTOGRAFÍA 3.12: TD1-PISO #1	115
FOTOGRAFÍA 3.13: TD2-PISO #1	115
FOTOGRAFÍA 3.14: TD1-PISO #2.....	116
FOTOGRAFÍA 3.15: TD2-PISO #2.....	116
FOTOGRAFÍA 3.16: VISTA DE TABLERO DE DISTRIBUCIÓN	118
FOTOGRAFÍA 3.17: PERFORACIONES Y OXIDOS EN TABLEROS DE DISTRIBUCIÓN	118
FOTOGRAFÍA 3.18: TABLEROS DE DISTRIBUCIÓN SIN INDICACIÓN DE VOLTAJE	119
FOTOGRAFÍA 3.19: TABLERO DE DISTRIBUCIÓN TD-PISO #3	120
FOTOGRAFÍA 3.20: VISTA INTERNA DE TD-PISO #3	120
FOTOGRAFÍA 3.21: LAB. AUT. IND.....	121
FOTOGRAFÍA 3.22: LAB. CÓMPUTO #9.....	121
FOTOGRAFÍA 3.23: LAB. SEP	122
FOTOGRAFÍA 3.24: LAB. TRANSFORMADORES.....	122
FOTOGRAFÍA 3.25: LAB. MOTORES Y GENERADORES	122
FOTOGRAFÍA 3.26: LAB. ALTA TENSIÓN	123
FOTOGRAFÍA 3.27: LAB. FABRICACIÓN FLEXIBLE	123
FOTOGRAFÍA 3.28: LAB. ELECTRÓNICA ANALÓGICA.....	123
FOTOGRAFÍA 3.29: LAB. ELECTRÓNICA DIGITAL	124
FOTOGRAFÍA 3.30: LAB. TELECOMUNICACIONES	124
FOTOGRAFÍA 3.31: LAB. CIRCUITOS I y II	124
FOTOGRAFÍA 3.32: LAB. FÍSICA.....	125

FOTOGRAFÍA 3.33: LAB. FAB. TARJETAS ELECTRÓNICAS	125
FOTOGRAFÍA 3.34: LAB. ELECTRÓNICA DE POTENCIA	125
FOTOGRAFÍA 3.35: CORROSIÓN EN TD-PISO #3.....	126
FOTOGRAFÍA 3.36: TERMINALES OXIDADOS	127
FOTOGRAFÍA 3.37: ABERTURA INADECUADA DE CANALETA A TD-PISO #3 ...	127
FOTOGRAFÍA 3.38: TABLERO DE DISTRIBUCIÓN TD-PB.....	128
FOTOGRAFÍA 3.39: VISTA INTERNA DEL TD-PB.....	129
FOTOGRAFÍA 3.40: SÓTANO.....	130
FOTOGRAFÍA 3.41: PASILLO PB.....	130
FOTOGRAFÍA 3.42: PASILLO PISO #1	130
FOTOGRAFÍA 3.43: PASILLO PISO #2	131
FOTOGRAFÍA 3.44: PASILLO PISO #3	131
FOTOGRAFÍA 3.45: CORROSIÓN EN TD-PB	132
FOTOGRAFÍA 3.46: ÓXIDO EN TERMINALES DE BARRAS DE TD-PB.....	132
FOTOGRAFÍA 3.47: ALUMBRADO DE AULA B-304	134
FOTOGRAFÍA 3.48: LÁMPARA FLUORESCENTE 2X32W	134
FOTOGRAFÍA 3.49: CIRCUITO DE TOMACORRIENTES AULA B-104.....	134
FOTOGRAFÍA 3.50: TOMACORRIENTE SOBREPUESTO PARA PC.....	134
FOTOGRAFÍA 3.51: VISTA DE PASILLO DONDE SE ENCUENTRAN LOS LABORATORIOS.....	135
FOTOGRAFÍA 3.52: CIRCUITO DE ALUMBRADO EN PASILLO PISO #2	136
FOTOGRAFÍA 3.53: ESCALERAS PASILLO OESTE.....	136
FOTOGRAFÍA 3.56: CIRCUITO DE ALUMBRADO SÓTANO	137
FOTOGRAFÍA 3.54: LÁMPARA DE EMERGENCIA	137
FOTOGRAFÍA 3.55: CÁMARA DE VIDEO DE SEGURIDAD.....	137
FOTOGRAFÍA 3.57: BAÑO CABALLEROS.....	139
FOTOGRAFÍA 3.58: BAÑO DAMAS	139
FOTOGRAFÍA 3.59: BAÑO CABALLEROS USADO COMO BODEGA	139
FOTOGRAFÍA 3.60: BAÑO DAMAS USADO COMO BODEGA	139
FOTOGRAFÍA 3.61: VISTA DE TERRAZA.....	140
FOTOGRAFÍA 3.62: BOMBA DE AGUA 1/2 HP.....	140
FOTOGRAFÍA 3.63: VISTA GENERAL DEL CUARTO DE TRANSFORMADORES .	142
FOTOGRAFÍA 3.64: VISTA DE CABLE DESNUDO DE COBRE #2 AWG, SOBREPUESTO Y DE VARILLA COPPERWELD ENTERRADA EN EL INTERIOR DEL CUARTO DE TRANSFORMADORES.....	145
FOTOGRAFÍA 3.65: CONEXIÓN DE CARCASA DE TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCIÓN AL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA	146

FOTOGRAFÍA 3.66: TABLERO DE DISTRIBUCIÓN EN LABORATORIO DE ALTA TENSIÓN	148
FOTOGRAFÍA 3.67: MEDICIONES EN EL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA EN LOS ELECTRODOS QUÍMICOS	150
FOTOGRAFÍA 3.68: ELECTRODOS INSERTADOS EN EL TERRENO A MEDIR	152
FOTOGRAFÍA 3.69: PINZA COCODRILO AJUSTADO AL ELECTRO PARA DETERMINAR EL VALOR DE RESISTIVIDAD DEL SUELO	152
FOTOGRAFÍA 3.70: PANEL DE DISTRIBUCIÓN PD-OESTE PB	154
FOTOGRAFÍA 3.71: MEDICIÓN FASE-NEUTRO EN TOMACORRIENTE DE AULA DEL BLOQUE B	155
FOTOGRAFÍA 3.72: MEDICIÓN FASE-TIERRA EN TOMACORRIENTE DE AULA DEL BLOQUE B	156
FOTOGRAFÍA 3.73: MEDICIÓN NEUTRO-TIERRA EN TOMACORRIENTE DE AULA DEL BLOQUE B	156
FOTOGRAFÍA 3.74: VISTA DE CONDUCTOR DE TIERRA EN RECORRIDO DE BANDEJAS PORTACABLES	157
FOTOGRAFÍA 3.75: VISTA DE ÁREA DE TECHADO EN EL BLOQUE B	158
FOTOGRAFÍA 3.76: PROCESO DE CONEXIÓN DE CABLES DE PRUEBA EN CADA UNA DE LAS LÍNEAS DEL TRANSFORMADOR	162
FOTOGRAFÍA 3.77: CABLE DE PRUEBA CONECTADO EN LA LÍNEA 2 DEL TRANSFORMADOR	162
FOTOGRAFÍA 3.78: ANALIZADOR TRIFÁSICO DE ENERGÍA FLUKE 435 CONECTADO	162
FOTOGRAFÍA 4.3: VALOR OBTENIDO DE LA MEDICIÓN REALIZADA CON EL LUXOMETRO MARCA MINOLTA	213
FOTOGRAFÍA 4.1: MEDICIÓN DE INTENSIDAD LUMÍNICA EN EL CENTRO DEL AULA DE CLASES	213
FOTOGRAFÍA 4.2: MEDICIÓN DE INTENSIDAD LUMÍNICA EN EL EXTREMO DEL AULA DE CLASES	213

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1 DIAGRAMAS UNIFILARES ACTUALES	226
ANEXO 2 A PLANILLAJES ACTUALES	273
ANEXO 3 ANÁLISIS DE RIESGO.....	307
ANEXO 4 A: LISTA DE CHEQUEO PARA LA INSPECCIÓN DE SEGURIDAD EN LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA	308
ANEXO 5 A1: TABLA GENERAL DE VALORIZACIÓN DE RIESGOS EN LA SUBESTACIÓN DE TRANSFORMACIÓN.....	312
ANEXO 6 B: LISTA DE CHEQUEO PARA LA INSPECCIÓN DE SEGURIDAD EN LAS AULAS PB	315
ANEXO 7 B1: TABLA GENERAL DE VALORIZACIÓN DE RIESGOS EN LAS AULAS PB.....	342
ANEXO 8 C: LISTA DE CHEQUEO PARA LA INSPECCIÓN DE SEGURIDAD EN LAS AULAS PISO #1.....	345
ANEXO 9 C1: TABLA GENERAL DE VALORIZACIÓN DE RIESGOS EN LAS AULAS PISO #1	374
ANEXO 10 D: LISTA DE CHEQUEO PARA LA INSPECCIÓN DE SEGURIDAD EN LAS AULAS PISO#2	377
ANEXO 11 D1: TABLA GENERAL DE VALORIZACIÓN DE RIESGOS EN LAS AULAS PISO #2.....	400
ANEXO 12 E: LISTA DE CHEQUEO PARA LA INSPECCIÓN DE SEGURIDAD EN LOS LABORATORIOS	403
ANEXO 13 E1: TABLA GENERAL DE VALORIZACIÓN DE RIESGOS EN LOS LABORATORIOS.....	426
ANEXO 14 DIAGRAMAS UNIFILARES SITUACIÓN PROPUESTA.....	429
ANEXO 15 PLANILLAJES SITUACIÓN PROPUESTA.....	492
ANEXO 16 CÁLCULO DE LA RED DE TIERRA PARA SISTEMA TRIFÁSICO	536
ANEXO 17 PLANOS IMPLANTACIÓN ACTUALES	543
ANEXO 17. 1 LÁMINA 1.....	544
ANEXO 17. 2 LÁMINA 2.....	545
ANEXO 17. 3 LÁMINA 2.1.....	546
ANEXO 17. 5 LÁMINA 3.....	547
ANEXO 17. 6 LÁMINA 3.1.....	548
ANEXO 17. 7 LÁMINA 3.2.....	549
ANEXO 17. 8 LÁMINA 4.....	550
ANEXO 17. 9 LÁMINA 4.1.....	551
ANEXO 17. 10 LÁMINA 4.2.....	552
ANEXO 17. 11 LÁMINA 5.....	553
ANEXO 17. 12 LÁMINA 5.1.....	554
ANEXO 17. 13 LÁMINA 5.2.....	555
ANEXO 17. 14 LÁMINA 6.....	556
ANEXO 17. 15 LÁMINA 6.1.....	557
ANEXO 17. 16 LÁMINA 6.2.....	558
ANEXO 17. 17 LÁMINA 7.....	559

ANEXO 17. 18 LÁMINA 8.....	560
ANEXO 18 PLANOS IMPLANTACIÓN PROPUESTOS.....	561
ANEXO 18. 1 LÁMINA 1.....	562
ANEXO 18. 2 LÁMINA 2.....	563
ANEXO 18. 3 LÁMINA 2.1.....	564
ANEXO 18. 4 LÁMINA 2.2.....	565
ANEXO 18. 5 LÁMINA 2.3.....	566
ANEXO 18. 6 LÁMINA 3.....	567
ANEXO 18. 7 LÁMINA 4.....	568
ANEXO 18. 8 LÁMINA 5.....	569
ANEXO 18. 9 LÁMINA 6.....	570
ANEXO 19 DISEÑO DE MALLA DE PUESTA A TIERRA.....	571
ANEXO 20 CUARTO DE TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCIÓN PROPUESTO ...	573
ANEXO 20. 1 LÁMINA 8.....	574

INTRODUCCIÓN

La Universidad Politécnica Salesiana, tiene identificado tres edificaciones el bloque D, el área Administrativa, denominada la Joya y el bloque B, el presente trabajo de tesis será desarrollado en su totalidad en el Bloque B, el cual por regulaciones de procedencia gubernamental debería de contar con señalización de emergencia, rutas de evacuación, etc., para cumplir con la ley y prevenir algún caso de siniestro ya sea natural provocado por varias causas producto de la misma naturaleza, o artificial producido por alguna falla eléctrica.

Es por eso la importancia de la elaboración del presente tema de tesis debido a que suplirá estas necesidades y permitirá que se realicen propuestas de mejoramiento para bien de la institución y la seguridad del alumnado.

Como principal aspecto del tema se encuentra el levantamiento de información para la propuesta de mejoramiento de las instalaciones, entre ellas: los planos eléctricos del mencionado bloque, señalética, evacuaciones de seguridad debido a que se instalarán futuras cargas por lo cual es indispensable conocer todas las características necesarias para el dimensionamiento del transformador.

Por tal motivo se muestran las debidas evidencias, análisis, cálculos entre otros documentos para poder al final dar un resultado que convenga a la Institución para ejecutar un plan de mejoras y de ampliación del mencionado Bloque.

CAPÍTULO I

1 ANTECEDENTES

1.1 Planteamiento del problema.

Actualmente la universidad cuenta con total de 5.000 estudiantes aproximadamente, de los cuales en el Bloque B (sector de estudio) se encuentran estudiando 2.000 estudiantes de las Carreras de Ingeniería Eléctrica, Electrónica e Industrial, a los cuales se necesita salvaguardar su estadía en las instalaciones de la universidad, es ahí en donde un grupo de estudiantes ávidos por mejorar las instalaciones decide elaborar el presente trabajo de tesis diseñando una propuesta de reingeniería de las instalaciones para su mejoramiento y seguridad de los estudiantes.

La Reingeniería del proyecto permitirá reconocer todos los sistemas eléctricos en el edificio con sus respectivas cargas, capacidades, alimentadores, etc.

Toda esta información logrará establecer la distribución de cargas a futuro y finalmente el proyecto estipula el diseño eléctrico de la Planta Sótano perteneciente al Área de Laboratorios.

1.2 Justificación

La actualización de los planos eléctricos como los arquitectónicos del mencionado Bloque, ayudará a prever ampliaciones futuras como laboratorios de Ingenierías, maquinarias, etc., por lo cual es indispensable conocer todas las características

técnicas de las cargas instaladas para el dimensionamiento de la nueva subestación eléctrica.

Al tratar más en lo correspondiente a la seguridad, se encontrarán detalles técnicos que ayudarán a la administración a mejorar la toma de decisiones, siendo este un punto de suma importancia para las Direcciones y futuras proyecciones del campus.

1.3 Alcances

Se inspeccionará el estado de los Paneles de los Laboratorios correspondiente a cada Laboratorio del Edificio del Bloque B, para culminar con la actualización de los mismos según el estudio. Se realizarán diagramas eléctricos de los circuitos instalados actualmente en los laboratorios, aulas, pasillos previos al diseño de los circuitos formulados en la presente investigación.

Se evaluará la situación actual del sistema de puesta a tierra en algunas áreas del Bloque B empezando en el cuarto de transformador de media tensión, laboratorio de alta tensión, y en algunas aulas en el edificio del bloque B, también se revisarán los tableros principales de distribución y las conexiones de los tomacorrientes para obtener información sobre el método de conexión existente y proponer una solución de acuerdo a los requerimientos necesarios, para que luego de un análisis de la situación actual realizar una propuesta basada en las "Normativas de Sistemas de Puesta a Tierra".

Se elaborará el diseño eléctrico integral para los nuevos laboratorios de la Carrera de Ingenierías, ubicados en la planta sótano del edificio de aulas del Bloque B con sus debidos cálculos técnicos que soportan el diseño respectivo. Se especificarán las Normas Eléctricas para la implementación futura del proyecto utilizando protocolos a manejarse en la investigación.

1.4 Objetivo general

Realizar propuesta de mejoramiento de las instalaciones eléctricas del bloque B de la Universidad Politécnica Salesiana, con la herramienta AUTOCAD 2012, a través del levantamiento de información, diseños y dimensionamientos que permitan obtener planos actuales con los status de cargas eléctricas del edificio del bloque B.

1.5 Objetivos específicos

- Analizar la situación actual en instalaciones eléctricas del bloque B: analizar puesta a tierra y medir la calidad de energía.
- Analizar el sistema de cargas actuales del edificio lo cual contempla acometidas de conductores internos, equipos de climatización, identificación y marcación de conductores.
- Realizar propuesta de mejoramiento a los planos eléctricos de las actuales Instalaciones del Edificio Bloque B de Ingeniería.
- Elaborar las Planillas de Circuitos Derivados de cada Panel de Distribución, calculando su respectiva demanda eléctrica, diagrama unifilar general.
- Elaborar el análisis de riesgos eléctricos y calidad de energía del proyecto.

CAPITULO II

2 MARCO TEÓRICO

2.1 Conceptos Básicos de Electricidad.

A continuación se detallan conceptos de terminologías eléctricas que se emplearán en el Levantamiento de aulas del Bloque B de Ingenierías:

2.1.1 Acometida

Uno de los principales instrumentos para que funcionen las instalaciones eléctricas es la acometida, a continuación se dará conceptos relacionados a estas variables, todos los concepto que involucran acometida fueron tomados del NATSIM¹.

Es la línea de alimentación con sus accesorios que sirve para llevar la energía desde la red de distribución de una empresa que suministra energía eléctrica hasta las instalaciones del consumidor. pueden ser aéreas o subterráneas.

- **Acometida Aérea:** se denomina así a la acometida cuando los conductores que proceden de la red de distribución pública está situados por encima del nivel del suelo; pueden ser con entrada subterránea o aérea al interior del edificio, indistintamente.
- **Acometida Subterránea:** acometida en la cual los conductores que proceden de la red de distribución están situados bajo el nivel del suelo.

¹ NATSIM

Acometida en baja tensión

Es la que se conecta a una red secundaria con un nivel de tensión de hasta 600 voltios.

Acometida en media tensión

Es la que se conecta a una red primaria de distribución sobre 600 voltios y hasta 15KV y comprende los conductores de alimentación con sus accesorios, desde dicha red hasta los bornes del transformador o hasta el equipo de medición en media tensión en caso de existir.

Acometida en alta tensión

Sistema trifásico a 69000 voltios. Este servicio se suministrara al voltaje indicado, cuando la demanda del consumidor sea mayor a 1000KW, para cuyo efecto el interesado deberá instalar una subestación de su propiedad.

Acometida monofásica

Es aquella que arranca desde la red de la empresa con uno o dos conductores activos y uno conectado al neutro o tierra de referencia del sistema.

Acometida bifásica

Similar a la trifásica solo que esta consta de dos líneas activas y un neutro o tierra de referencia.

Acometida trifásica

Es aquella que arranca desde la red de la empresa con dos o tres conductores activos y uno conectado al neutro o tierra de referencia del sistema.

Acometida individual

Es aquella que da servicio a un solo consumidor y comprende la línea de alimentación con sus accesorios, desde la red de distribución hasta el punto de entrega del medidor.

Acometida colectiva

Sirve a dos o más consumidores en un mismo inmueble y comprende la línea de alimentación con sus accesorios, desde la conexión a la red secundaria de distribución hasta el punto de entrega.

Acometida provisional

Es aquella que se instala para suministrar servicio eléctrico durante corto tiempo, como sucede en las construcciones.

2.1.2 Ampacidad

Es la máxima corriente en amperios que un conductor o equipo puede transportar continuamente, bajo condiciones específicas de uso, sin exceder su límite de temperatura.²

2.1.3 Bandejas portacables

Por NEMA (Asociación Nacional de los Fabricantes de Material Eléctrico), un sistema de la bandeja de cable es "una unidad o un montaje de unidades o de secciones y de guarniciones asociadas que forman un sistema estructural rígido usado para sujetar o para apoyar con seguridad los cables."³

FIGURA 2.1: BANDEJA PORTA CABLES



Fuente: <http://www.gerdipac.com.pe/DATOS%20TECNICOS%20BANDEJAS%20PORTACABLE.pdf>, recuperado 30/05/2013

² Idem, pág. 15 ref. 1

³ GERDIPAC Industrial eirl, Bandejas Portacables,

<http://www.gerdipac.com.pe/DATOS%20TECNICOS%20BANDEJAS%20PORTACABLE.pdf>

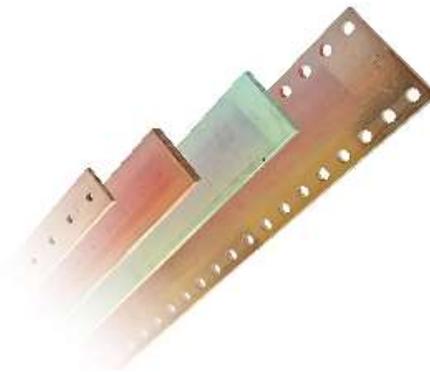
2.1.4 Barras de cobre y aluminio

⁴En los sistemas de distribución dentro de los cuadros eléctricos se usan sobre todo dos materiales: cobre y aluminio, especialmente cuando se debe configurar un sistema de distribución de potencia dentro de equipos eléctricos, se eligen barras trefiladas de cobre o de aluminio.

Cuando se diseña un sistema de distribución con barras, se deben tener en cuenta unos parámetros mecánicos y eléctricos, como, por ejemplo:

Parámetros Eléctricos: intensidad de corriente a transportar según la sección eléctrica, número de conductores y la caída de tensión.

FIGURA 2.2: BARRAS DE COBRE Y ALUMINIO



Fuente: <http://www.teknomega.es/departamento-paneles/barras-cobre-y-aluminio>, recuperado 30/05/2013

Parámetros Mecánicos: sección y número de las barras según su resistencia mecánica y los tamaños del cuadro eléctrico.

Otros factores a tener en cuenta porque influencia y pueden limitar el pasaje de corriente en los conductores están conectados a la temperatura de funcionamiento de los conductores y su capacidad de disipar el calor.

⁴ TEKNOmega, Barras de Cobre y Aluminio, <http://www.teknomega.es/departamento-paneles/barras-cobre-y-aluminio>

En el campo eléctrico también hay un fenómeno llamado "efecto piel" que determina la concentración de la corriente en la superficie del conductor. El mejor conductor para este propósito es el llano como la barra trefilada, con la mayor proporción de anchura y espesor.

Principales ventajas

Barras de Cobre Perforadas y Roscadas

- Listas para el uso
- Ninguna herramienta para perforación o roscado requerida
- Reducción de los tiempos de cableado

Barras llenas de Aluminio

- Reducción de hasta 70% del peso con la misma sección eléctrica de una barra de cobre con una reducción de capacidad de aprox. el 30%
- Significativo ahorro económico debido a la diferencia de coste del material.
- Grande diferencia en la relación peso/volumen.

Características técnicas

Barras de cobre

- Cobre electrolítica cu-etp 99.90%
- Bordes redondeados
- Resistencia a la tracción: 250 n / mm²
- Resistividad: 0,0172 ω / mm² por metro
- Densidad: 8.9 kg/cu.dm

Barras de aluminio

- Aluminio EN-AW 1350 A
- Bordes redondeados
- Resistencia a la tracción: 80 N/sq.mm
- Resistividad: 0,0286 Ω / mm² por metro
- Densidad: 2,7 kg/cu.dm

Barras Roscadas de Cobre - Tamaños y Capacidades

FIGURA 2.3: BARRAS ROSCADAS DE COBRE



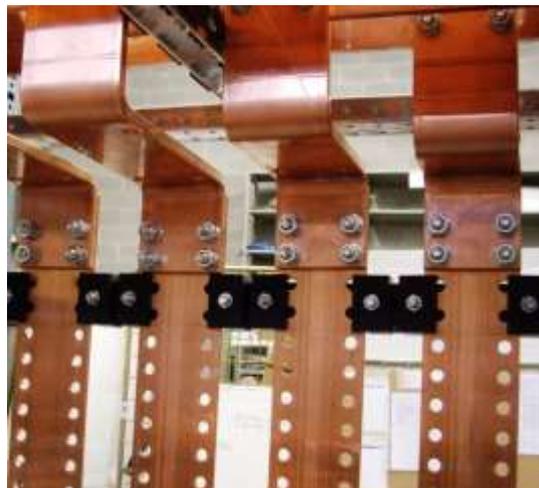
Fuente: <http://www.teknomega.es/departamento-paneles/barras-cobre-y-aluminio>, recuperado 30/05/2013

Las barras roscadas de cobre se instalan sobre portabarras, aisladores y distánciales para conducir la corriente eléctrica dentro de cuadros, armarios y equipos eléctricos de tensión baja.

Barras de Cobre Perforadas para Distribución

Las barras de cobre perforadas se usan sobre todo en la realización de la distribución en barras en los cuadros eléctricos, tener disponible una gama de barras perforadas de cobre con perforación simple o doble, permite ahorrar tiempo durante el control y el procesamiento de las barras durante el cableado de los equipos eléctricos.

FIGURA 2.4: BARRAS DE COBRE PREFORADAS



Fuente: <http://www.teknomega.es/departamento-paneles/barras-cobre-y-aluminio>, recuperado 30/05/2013

2.1.5 Base (socket)

⁵Es el elemento sobre el cual se realiza el montaje del medidor.

2.1.6 Carga

Es la potencia eléctrica activa o aparente consumida o absorbida por una máquina o una red.

2.1.7 Carga conectada

Es la suma de las potencias nominales de los receptores de energía eléctrica conectados a la red.

La "carga conectada", es la suma de los valores nominales de todas las cargas del consumidor que tienen posibilidad de estar en servicio al mismo tiempo para producir una demanda máxima. La carga conectada se puede referir tanto a una parte como al total del sistema de distribución y se puede expresar en watts, kilowatts, amperes, caballos de potencia, kilovolt-amperes, etc., dependiendo de las necesidades o requerimientos para su estudio.

La carga conectada representa la demanda de carga máxima posible.

2.1.8 Carga continua

Es una carga en donde la máxima corriente está supuesta a continuar por varias horas (3 horas o más).

2.1.9 Carga fluctuante

Es la potencia activa o aparente que origina demandas intermitentes de energía eléctrica, soldadoras, aparatos de rayos x, hornos de arco, calentadores, compresores, transmisores de radios y otros equipos que originen distorsión armónicas y demanda intermitente de energía, serán sujetos a consideración individual para determinar el tipo de servicio que será suministrado por la empresa, antes de su instalación.

⁵ Idem, pág. 15 ref. 1

El distribuidor podrá suspender el servicio a los consumidores cuyas instalaciones produzcan perturbaciones en el sistema de distribución que excedan los límites legalmente permitidos, hasta que se eliminen las causas de dichas perturbaciones.

Dependiendo de la capacidad y característica de las cargas fluctuantes, la empresa podrá exigir la instalación de un transformador, filtros armónicos y equipos exclusivos para su alimentación, a costo del cliente.

2.1.10 Circuito

⁶Conductor o sistema de conductores a través de los cuales puede fluir una corriente eléctrica.

2.1.11 Circuito de Alumbrado

Este concepto se lo utilizará para toda conexión a lámparas que tiene actualmente el bloque B, el circuito de alumbrado se deriva exclusivamente de este tipo de conexiones.

2.1.12 Circuito de Control Remoto

Circuito eléctrico que permite la operación de un equipo o máquina eléctrica, mediante tensión y/o corriente reducida, desde un punto lejano al equipo o máquina.

2.1.13 Circuito Derivado

Circuito comprendido entre un dispositivo de protección y los puntos de utilización.

2.1.14 Circuito de Fuerza

Circuito derivado usado para la conexión de artefactos y/o máquinas eléctricas.

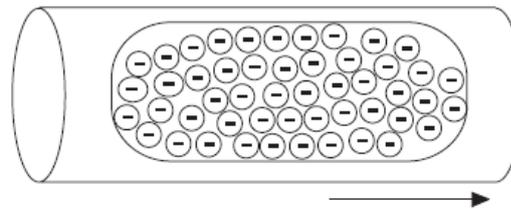
⁶ MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS. Dirección General de Electricidad, Código Nacional de Electricidad, 19/05/1978, <http://intranet2.minem.gob.pe/web/archivos/dge/legislacion/codigonacional/codigo1.pdf>

2.1.15 Circuito de Señalización

Circuito que activa un dispositivo de alarma o señal.

2.1.16 Conductores

FIGURA 2.5: CONDUCTOR ELÉCTRICO



Fuente: Los Autores

Los destinados normalmente a la transmisión de energía eléctrica.

2.1.17 Conductor activo

Alambre o conjunto de alambres, no aislados entre sí, destinados a conducir la corriente eléctrica.

2.1.18 Conductor Aislado

Conductor cubierto con un material aislante.

2.1.19 Conductor de Puesta a Tierra

Conductor que es usado para conectar los equipos o el Sistema de Alambrado con uno o más electrodos a Tierra.

2.1.20 Conductor Neutro

Conductor conectado al Neutro de un circuito.

2.1.21 Conductor Protegido

Conductor con cubierta protectora contra la acción atmosférica.

2.1.22 Conductores de señal

⁷Es un cable de revestimiento exterior de PVC conformado por 8 conductores de cobre #12 AWG y que interconecta las señales de control de los transformadores de corriente (TC) y de los transformadores de potencial (TP) con los medidores para medición indirecta.

2.1.23 Consumidor

Es una persona natural o jurídica que acredite dominio sobre una instalación que recibe el servicio eléctrico debidamente autorizado por el Distribuidor dentro del área de concesión. Incluye al Consumidor Final y al Gran Consumidor.

2.1.24 Contacto a Tierra

⁸Conexión accidental de un conductor con la masa terrestre (Tierra), directamente o a través de un elemento extraño.

2.1.25 Contactor

Dispositivo de seccionamiento mecánico que tiene solo una posición de reposo (normalmente cerrado), capaz de conectar, transportar, o cortar corrientes del circuito bajo condiciones normales, incluyendo sobrecargas.

2.1.26 Corriente eléctrica

⁹Recibe el nombre de Corriente Eléctrica el desplazamiento de electrones sobre un cuerpo conductor. Todos los cuerpos tienden a quedar en estado eléctricamente Neutro; así, si se ponen en contacto dos cuerpos, uno cargado con exceso de electrones y otro con defecto, se establecerá entre ellos un intercambio de electrones hasta que se igualen eléctricamente, tal y como se representa en la figura 2.6.

⁷ Idem, pág. 15 ref. 1

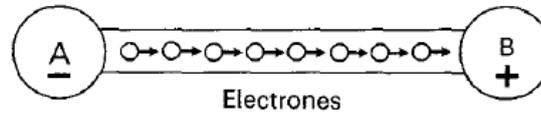
⁸ Idem, pág. 22 ref. 6

⁹ PRIETO Ricardo, Conocimientos Básicos de Electricidad,

http://ricardoprieto.es/mediapool/61/615322/data/TECNOLOGIA_ELECTRICA0001.pdf

El sentido convencional de la Corriente Eléctrica es el contrario al del movimiento de los electrones, esto es, de + a -

FIGURA 2.6: DESPLAZAMIENTO DE ELECTRONES



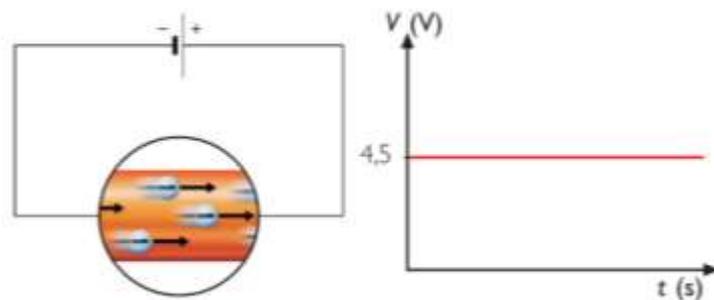
Fuente: http://ricardoprieto.es/mediapool/61/615322/data/TECNOLOGIA_ELECTRICA0001.pdf

Dependiendo del tipo de generador aplicado al circuito, existen dos tipos de Corrientes Eléctricas:

2.1.27 Corriente continua

¹⁰Es el tipo de corriente producida por generadores de continua (pilas, baterías y dinamos). Este tipo de corriente no cambia de valor ni de sentido a lo largo del tiempo. La corriente siempre sigue la misma dirección (del polo positivo al negativo de la pila). Véase figura 2.7

FIGURA 2.7: GRÁFICO DE CORRIENTE CONTINUA (DC)



Fuente: <http://www.google.com.ec/imágenes>

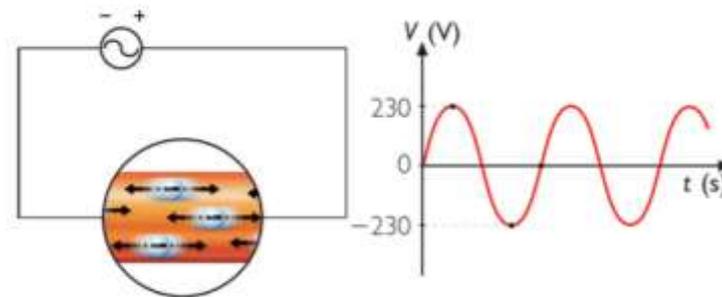
¹⁰ Electricidad Básica,

http://www.google.com.ec/#q=conceptos+basicos+de+electricidad&ei=KCamUaWah4nK9QSRroCgCw&sqi=2&start=20&sa=N&fp=1&biw=1301&bih=620&bav=on.2,or.r_qf.&cad=b,s/f

2.1.28 Corriente alterna

Es el tipo de Corriente que se produce en la Centrales Eléctricas, ya que permite obtener Voltajes muy altos, grande cantidades de Energía y es más fácil de transportar. Este tipo de Corriente cambia periódicamente de valor y de sentido a lo largo del tiempo. La Corriente cambia de dirección ("alterna"), una y otra vez. Véase figura 2.8

FIGURA 2.8: GRÁFICO DE CORRIENTE ALTERNA (AC)



Fuente: <http://www.google.com.ec/imágenes>

2.1.29 Corriente de Fuga

¹¹Corriente derivada a Tierra como consecuencia de una falla o bajo aislamiento.

2.1.30 Cortocircuito

Conexión intencional o accidental entre dos puntos de un circuito a través de una impedancia despreciable.

2.1.31 Demanda

Es la carga promedio que se obtiene durante un intervalo de tiempo especificado (intervalo de demanda). Este intervalo de tiempo depende del uso que se quiere dar al valor de demanda correspondiente, siendo generalmente igual a 1/4, 1/2 o una hora.

¹¹ Idem, pág. 22 ref. 6

2.1.32 Demanda máxima

Es la mayor demanda que ha ocurrido durante un periodo específico de tiempo.

2.1.33 Devanado

Ensamblaje de conductores que forman un circuito en una máquina o en un elemento de un equipo.

2.1.34 Dispositivo

Elemento de un sistema eléctrico que está destinado a transportar energía pero no a utilizarla; por ejemplo los seccionadores, interruptores, etc.

2.1.35 Disyuntor (Interruptor Automático)

Interruptor en el cual la apertura ocurre automáticamente bajo condiciones predeterminadas.

2.1.36 Electrodo

Conductor terminal de un circuito, en contacto con un medio de distinta naturaleza. Elemento conductor usado para transferir la corriente a otro medio.

2.1.37 Electrodo de puesta a tierra

¹²Es un dispositivo apropiado cuya función es asegurar un buen contacto con el terreno circundante, que se conecta mediante un conductor al objeto, instalación o circuito que ha de ponerse a Tierra.

2.1.38 Empalme

Unión de dos o más conductores o cables que se realizan en una instalación eléctrica.

¹² Idem, pág. 15 ref. 1

2.1.39 Empresa (distribuidor)

Es la Empresa Distribuidora encargada de suministrar el servicio de electricidad dentro de su área de concesión, a los consumidores.

2.1.40 Enchufe

¹³Dispositivo que, por su inserción en un tomacorriente, establece la conexión entre los conductores de un cordón flexible fijado a él, y los conductores conectados directamente al tomacorriente.

2.1.41 Equipo

Término general que incluye artefactos, dispositivos, accesorios y aparatos usados como una parte de una instalación eléctrica o en conexión con esta.

2.1.42 Factor de Carga

Cociente entre la energía eléctrica suministrada, en un periodo determinado y la energía que correspondería a una carga constante durante este periodo igual a la demanda máxima respectiva.

2.1.43 Factor de Demanda

Relación de la demanda máxima y la carga conectada, en un punto del sistema eléctrico.

2.1.44 Factor de Diversidad

Recíproco del Factor de Simultaneidad.

¹³ Idem, pág. 22 ref. 6

2.1.45 Factor de Potencia

Relación de la potencia activa y la potencia aparente. Para una máquina es también, el cociente de la resistencia y la impedancia de la misma.

2.1.46 Factor de Simultaneidad

Relación de la demanda máxima de un conjunto de instalaciones o aparatos, y la suma de las demandas máximas individuales durante cierto periodo.

2.1.47 Factor de Utilización

Relación de la demanda máxima y la capacidad instalada de un sistema.

2.1.48 Fusible (o Cortocircuito Fusible)

Dispositivo de protección contra sobrecorriente que, por la fusión del elemento fusible, abre el circuito en el cual está insertado, cuando la corriente que lo atraviesa excede cierto valor en un tiempo determinado.

2.1.49 Franja de servicio

¹⁴Es la superficie comprendida dentro de los 200m. medidos a cada lado del eje y del punto terminal de las redes secundarias existentes en los sistemas de distribución

2.1.50 Hertz

¹⁵Unidad de frecuencia basada en el segundo como unidad de tiempo.

2.1.51 Hilo

Conductor desnudo de sección muy pequeña, producido para cablearse o trenzarse en haces, con el fin de dotar al conductor de cierto grado de flexibilidad.

¹⁴ Idem, pág. 15 ref. 1

¹⁵ Idem, pág. 22 ref. 6

2.1.52 Impedancia

Relación entre la tensión eficaz aplicada y la corriente que lo atraviesa en los bornes de un equipo, o en un punto de una instalación eléctrica.

2.1.53 Interruptor

¹⁶Es un dispositivo que interrumpe la alimentación de un circuito. Su capacidad está dada en amperios y puede interrumpir el circuito con la carga a la tensión nominal para la que fue diseñado.

2.1.54 Magnitudes eléctricas

¹⁷En todo circuito eléctrico se ponen de manifiesto una serie de magnitudes eléctricas como son: fuerza electromotriz, diferencia de potencial, cantidad de electricidad, intensidad de corriente, densidad de corriente, resistencia, potencia y energía.

2.1.54.1 Fuerza electromotriz (FEM)

Es la causa que origina el movimiento de los electrones en todo circuito eléctrico. su unidad es el voltio (V).

2.1.54.2 Diferencia de potencial (DDP)

También se conoce como tensión eléctrica y voltaje. Es el desnivel eléctrico existente entre dos puntos de un circuito. su unidad es el voltio (V). Se mide con un voltímetro. Se representa con la letra V.

2.1.54.3 Cantidad de electricidad (Q)

Es el número total de electrones que recorre un conductor. Como la carga del electrón es de un valor muy pequeño, la unidad práctica que se emplea es el Culombio (C). $1 \text{ Culombio} = 6.3 \times 10^{18} e^-$

¹⁶ Idem, pág. 15 ref. 1

¹⁷ Idem, pág. 25 ref. 9

2.1.54.4 Intensidad de corriente (I)

Es la cantidad de electricidad que atraviesa un conductor en la unidad de tiempo (1 s). La unidad es el Amperio (A). Se mide con un amperímetro.

$$I = \frac{Q}{t}$$

I = Intensidad

Q = Cantidad de electricidad

t = tiempo

A = Amperio

C = Culombio

s = segundo

$$1 \text{ A} = \frac{1 \text{ C}}{1 \text{ s}}$$

2.1.54.5 Densidad de corriente eléctrica (δ)

Es el número de Amperios que circula por cada mm² de conductor, esto es, intensidad por unidad de sección. La unidad es el A/mm².

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

δ = Densidad de corriente (A/mm²)

I = Intensidad (A)

S = Sección (mm²)

2.1.54.6 Resistencia (R)

Es la dificultad que presenta un material al paso de la corriente eléctrica. Se representa con la letra R y su unidad es el ohmio (Ω). Dicha dificultad responde a la atracción de los núcleos sobre los electrones en su propio desplazamiento.

Cada material posee una resistencia específica característica que se conoce con el nombre de resistividad. Se representa con la letra griega «rho» (ρ).

TABLA 2.1: RESISTIVIDAD DE ALGUNOS MATERIALES

Material	ρ (en $\Omega \cdot \text{mm}^2 / \text{m}$)
Plata	0,015
Cobre	0,017
Aluminio	0,027
Estaño	0,13
Mercurio	0,94

Fuente: http://ricardoprieto.es/mediapool/61/615322/data/TECNOLOGIA_ELECTRICA0001.pdf

Por tanto, la Resistencia (R) de un conductor depende directamente de su Resistividad y longitud y es inversamente proporcional a su sección. Se mide con un óhmetro. La resistencia de un conductor valdrá, por tanto:

$$R = \rho \cdot \frac{l}{S}$$

R = Resistencia (Ω)

ρ = Resistividad ($\Omega \cdot \text{mm}^2 / \text{m}$)

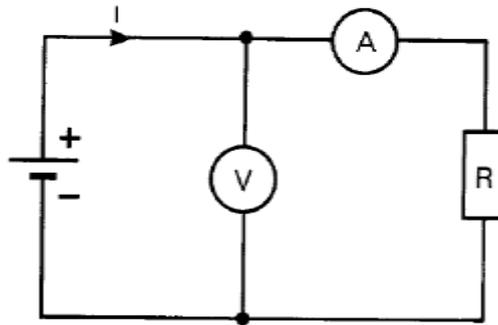
l = Longitud (m)

S = Sección (mm^2)

2.1.54.7 Ley de Ohm

El famoso físico Ohm descubrió experimentalmente la relación que existe entre estas tres magnitudes eléctricas: intensidad, tensión y resistencia, estableciendo una ley que lleva su nombre y que dice así: En un circuito eléctrico, la intensidad de corriente que lo recorre, es directamente proporcional a la tensión aplicada e inversamente proporcional a la resistencia que presenta éste. La figura 2.9 nos muestra el circuito eléctrico básico, compuesto por una pila o batería y un elemento resistivo R como carga. El voltímetro V nos medirá el valor de la tensión del circuito y el amperímetro A la intensidad que circula por él.

FIGURA 2.9: CIRCUITO ELÉCTRICO BÁSICO



Fuente: http://ricardoprieto.es/mediapool/61/615322/data/TECNOLOGIA_ELECTRICA0001.pdf

$$I = \frac{V}{R} \Rightarrow [A]$$

Ecuación para determinar la Intensidad

I = Intensidad

V = Tensión

$$V = I \cdot R \Rightarrow [V]$$

Ecuación para determinar la Tensión

R = Resistencia

A = Amperio

$$R = \frac{V}{I} \Rightarrow [\Omega]$$

Ecuación para determinar la Resistencia

V = Voltio

Ω = Ohmio

2.1.54.8 Potencia eléctrica (P)

Es la cantidad de trabajo desarrollada en la unidad de tiempo. En un circuito eléctrico es igual al producto de la tensión por la intensidad. Su unidad es el vatio (W). Se mide con un vatímetro. Son múltiplos del vatio (W), el Kilovatio (1 KW = 1.000W) y el Megavatio (1 MW = 1.000.000W).

$$P = V \cdot I \Rightarrow [W]$$

P = Potencia

V = Tensión

I = Intensidad

W = Vatio

V = Voltio

A = Amperio

Junto con la fórmula de la Ley de Ohm, se pueden obtener las siguientes fórmulas de la potencia:

$$P = V \cdot I \Rightarrow [W]$$

$$P = V \cdot I \Rightarrow [W]$$

entonces reemplazando la I:

$$P = V \cdot \frac{V}{R} \Rightarrow \frac{V^2}{R}$$

entonces reemplazando el V:

$$P = I \cdot R \cdot I \Rightarrow I^2 \cdot R$$

nos queda:

$$P = \frac{V^2}{R} \Rightarrow [W]$$

nos queda:

$$P = I^2 \cdot R \Rightarrow [W]$$

2.1.54.9 Energía eléctrica (E)

Es el trabajo desarrollado en un circuito eléctrico durante un tiempo determinado. Viene dada por la fórmula:

$$E = P \cdot t \Rightarrow [W \cdot s]$$

E = Energía

P = Potencia

t = Tiempo

J = Julio

W = Vatio

s = Segundo

Esta unidad es muy pequeña, por lo que se emplea otra de valor más elevado, el Kilovatio · hora (KW · h).

El KW · h es la unidad que miden los contadores de Energía.

$$1 \text{ KW} \cdot \text{h} = 1.000 \text{ W} \cdot 3.600 \text{ s} = 3.6 \cdot 10^6 \text{ julios}$$

El coste de la energía es el resultado de multiplicar su valor por el precio unitario (Pu).

$$\text{Coste} = E \cdot P_u \Rightarrow [\text{pts}]$$

E = Energía en KW · h

P_u = Precio unitario

2.1.54.10 Efecto Joule

Se entiende con este nombre el calentamiento experimentado por un conductor al ser atravesado por la corriente eléctrica. Dicho calentamiento se debe al roce de los electrones con los átomos a su paso por el conductor. Las unidades caloríficas usadas son: la caloría (cal) y la kilocaloría (kcal).

• **Caloría.-** Es la cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura de un gramo de agua un grado centígrado .

• **Kilocaloría.-** Es la cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura de un kilogramo de agua un grado centígrado.

$$1 \text{ kcal} = 1000 \text{ cal}$$

Existe una equivalencia entre la unidad de energía eléctrica (julio) y la unidad calorífica (caloría): 1 julio = 0.24 calorías.

La energía calorífica y la energía eléctrica vienen relacionadas por la fórmula siguiente, conocida como Ley de Joule:

$$Q = 0.24 \cdot E \Rightarrow [\text{calorias}]$$

Q = Cantidad de calor (cal)

E = Energía eléctrica (W · s)

0.24 = Coeficiente de equivalencia

2.1.54.11 Influencia de la temperatura en la resistencia de un conductor

Al calentarse un metal, aumenta la agitación de sus átomos, lo que dificulta el desplazamiento de electrones; el resultado es un aumento de la resistencia en el conductor.

Ensayos sobre distintos materiales conductores permitieron comprobar un aumento constante de la resistencia con la temperatura.

Se define como coeficiente de temperatura al aumento de resistencia que experimenta un conductor al incrementar su temperatura un grado centígrado. Por tanto, la resistencia de un conductor al aumentar la temperatura es igual a la que tenía inicialmente más el aumento experimentado, y viene dada por la fórmula:

$$R_f = R_i (1 + \alpha \cdot \Delta t)$$

R_f = Resistencia final

R_i = Resistencia inicial

α = Coeficiente de temperatura

δt = Incremento de temperatura

TABLA 2.2: COEFICIENTE DE TEMPERATURA DE ALGUNOS METALES

Material	α ($^{\circ}\text{C}^{-1}$)
Plata	0.0036
Cobre electrolítico	0.0043
Aluminio	0.004
Estaño	0.0045
Tungsteno	0.0042
Manganina	0.00001

Fuente: http://ricardoprieto.es/mediapool/61/615322/data/TECNOLOGIA_ELECTRICA0001.pdf

2.1.55 Maniobra

¹⁸Secuencia de acciones para cierto fin predeterminado.

¹⁸ Idem, pág. 22 ref. 6

2.1.56 Maniobrable desde fuera

Capacidad de ser accionado desde el exterior de la cubierta que lo contiene.

2.1.57 Mantenimiento

Acciones encaminadas a conservar en estado óptimo las instalaciones eléctricas.

2.1.58 Máquina Eléctrica (Rotativa)

Máquina que convierte la energía eléctrica en energía mecánica y viceversa; en la cual el campo magnético es producido por electromagnetismo.

2.1.59 Marcha en Vacío

Estado de funcionamiento de una máquina o artefacto, en ausencia de carga o de entrega de potencia.

2.1.60 Mecanismo de Control

Término aplicable al ensamblaje de dispositivos de maniobra principales y auxiliares para operación, regulación, protección u otro control de instalaciones eléctricas.

2.1.61 Medidor

¹⁹Es un equipo electro-mecánico o electrónico que registra el consumo de energía y otros parámetros eléctricos requeridos por la empresa y el consumidor.

2.1.62 Medidor autosuficiente o auto-contenido

Es un equipo electro-mecánico o electrónico que registra el consumo de energía, demanda y otros parámetros eléctricos requeridos por la empresa y el consumidor. Para su funcionamiento, utiliza directamente las señales de corriente y voltaje, y no requiere transformadores de medición.

¹⁹ Idem, pág. 15 ref. 1

2.1.63 Medidor para medición indirecta

Es un equipo electrónico que registra el consumo de energía, demanda y otros parámetros eléctricos requeridos por la empresa y el consumidor. Para su funcionamiento utiliza señales de control provenientes desde los transformadores de medición.

2.1.64 Medidor totalizador

Es el medidor que registra la energía total entregada a un predio o inmueble, en cuyo interior se ha instalado un conjunto de medidores.

2.1.65 Panel de Distribución

²⁰Panel, estructura o ensamblaje de paneles en los cuales se montan los dispositivos de maniobra, control y protección; barras, conexiones e instrumentos de medición. Son generalmente accesibles por la parte frontal y posterior.

2.1.66 Parte Activa

Elemento de un dispositivo, equipo o máquina sujeto a tensión eléctrica.

2.1.67 Placa de Características

Placa fijada sobre una máquina o equipo en la que se especifican los valores nominales de operación normal (tipo, potencia, tensión, corriente, etc.)

2.1.68 Polaridad

Cualidad de un borne o conductor de tener mayor tensión con relación a otro borne o conductor.

²⁰ Idem, pág. 22 ref. 6

2.1.69 Polo

Cada uno de los diferentes bornes del generador del sistema. Por extensión cada uno de los distintos conductores, conectados correspondientemente a los bornes del generador del sistema. En teoría magnética, cada uno de los extremos de un imán, electroimán o solenoide.

2.1.70 Potencia Instalada

Véase Carga Conectada.

2.1.71 Potencia útil de una máquina

Potencia dada por una máquina al circuito de utilización en el caso de generadores y sobre el eje en el caso de motores.

2.1.72 Protegido (Aplicado principalmente a equipos eléctricos)

Significa que el equipo eléctrico es construido de tal manera que las partes eléctricas son protegidas contra daños ocasionados por objetos extraños que entren a su interior.

2.1.73 Puesta a Tierra

Comprende a toda la ligazón metálica directa sin fusible ni protección alguna, de sección suficiente, entre determinados elementos o partes de una instalación y un electrodo o grupo de electrodos enterrados en el suelo, con objeto de conseguir que en el conjunto de instalaciones, edificios y superficie próxima del terreno no existan diferencias de potencia peligrosas y que, al mismo tiempo, permitirá el paso a Tierra de las corrientes de falla o la de descarga de origen atmosférico.

2.1.74 Puesto a Tierra

Conectado a Tierra o a algún medio conductor que sirva como Tierra.

2.1.75 Resguardo

Medios que suprimen el riesgo de contacto accidental de personas con elementos energizados. Pueden ser cubiertas, pantallas, cercas blindajes, barreras, rieles, placas, plataformas u otros.

2.1.76 Resistencia a Tierra

Valor de la resistencia entre un punto cualquiera de una instalación, sea esta parte activa desenergizada, o no-activa, y la masa terrestre.

2.1.77 Resistente

Construido, protegido o tratado de manera tal que no se dañe fácilmente cuando este sujeto a condiciones específicas.

2.1.78 Resistividad

Característica específica de la resistencia, usualmente resistencia por unidad de longitud y de área del conductor (volumétrica).

2.1.79 Seccionador

Dispositivo de maniobra destinado a separar un circuito eléctrico de la fuente de energía en forma visible. No tiene capacidad de interrupción de corriente y está destinado a ser manipulado solamente después que el circuito ha sido abierto por algún otro medio.

2.1.80 Seccionador Fusible

Seccionador con fusible incorporado, en el cual el fusible o portafusible forma el elemento móvil del mismo.

2.1.81 Servicio eléctrico

²¹ Es el servicio de energía eléctrica que suministra el Distribuidor a los Consumidores, desde sus redes de distribución y subtransmisión.

2.1.82 Tablero

²²Panel o equipo de paneles diseñados para constituir un solo panel; incluye barras, dispositivos automáticos de sobrecorriente, y con o sin interruptores por el control de circuitos de alumbrado y fuerza; diseñado para su colocación en una cabina adosada o empotrada en la pared y accesible solo por un frente.

2.1.83 Tablero de medición

Es un armario metálico que contiene los equipos de medición, protección, distribución, y control.

2.1.84 Tensión a Tierra

²³En los circuitos puestos a tierra, es la tensión eficaz entre un conductor dado y el punto o el conductor que esta puesto a tierra.

En los circuitos no puestos a tierra, es la mayor diferencia de tensión entre un conductor dado y cualquiera de los otros conductores del circuito.

2.1.85 Tensión de Toque

Parte de la tensión del electrodo de puesta a tierra, que puede ser puenteadada por una persona y donde la vía de corriente pasa de un pie al otro.

2.1.86 Tensión Nominal

Valor convencional de la tensión con la que se denomina un sistema o instalación y para los que ha sido previsto su funcionamiento y aislamiento.

²¹ Idem, pág. 15 ref. 1

²² Idem, pág. 22 ref. 6

²³ Idem, pág. 22 ref. 6

2.1.87 Toma de Tierra

Conjunto de elementos que posibilitan la difusión de la electricidad en la masa terrestre. El electrodo dispensor, grapa o conector soldado, y la tierra preparada o tratada químicamente para reducir la resistencia de contacto.

2.1.88 Transformador

Aparato eléctrico, cuya misión es transferir electromagnéticamente la energía alterna de un circuito a otro. por lo general, transforma la tensión original a un valor mayor o menor, manteniendo la frecuencia invariable.

2.1.89 Tripolar

Que posee tres polos diferentes. Aplicase generalmente a dispositivos trifásicos.

2.2 Conceptos de Calidad de Energía

2.2.1 Calidad de energía

Definición

²⁴Según la norma IEEE 519 – 1992 define a la Calidad de la Energía como:

Un problema de calidad de energía es debido a cualquier variación en el servicio de potencia eléctrica que da lugar al funcionamiento defectuoso o fallo en el equipamiento del usuario tal como, reducción de tensión, sobretensión, transitorios, distorsión armónica y ruido eléctrico.

Del concepto anterior se determina que es muy amplia su definición pero se puede resumir que la calidad de la energía es el resultado de una atención continua con ausencia de interrupciones, deformaciones producidas por armónicas en la red y variaciones de voltaje.

²⁴ AGUIRRE Luis, y HERRERA, Germán, ANÁLISIS DE CARGA DEL HOSPITAL SAN VICENTE DE PAÚL DE LA CIUDAD DE IBARRA Y PROPUESTA PARA EL CUMPLIMIENTO DE LA CALIDAD DE ENERGÍA SEGÚN REGULACIÓN No. CONELEC 004/01, Julio 2010,
<http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/357/3/FECYT%20933%20TESIS%20FINAL.pdf>

2.2.2 Importancia de la calidad de la energía eléctrica (CEE).

La Calidad de Energía Eléctrica es de vital importancia para las Empresas Distribuidoras de Electricidad, para los grandes consumidores industriales, edificios y para los fabricantes de equipos electrónicos, especialmente por estos motivos:

1. La necesidad económica de disminuir las pérdidas técnicas y no técnicas por parte de las empresas distribuidoras de electricidad.
2. El crecimiento en el mercado de equipos sensibles a las perturbaciones de tensión, siendo, también ellos a su vez, perturbadores.
3. La reducción de costos debidos a la pérdida de continuidad del Servicio y a la falta de Calidad.
4. La deficiente calidad de la energía eléctrica ocasiona, la falta de producción, las pérdidas de materias primas, la falta de calidad de la producción. Además el mal funcionamiento o la parada de receptores prioritarios, como los ordenadores, el alumbrado y sistemas de seguridad, pueden poner en peligro la seguridad de las personas.
5. La reducción de los costos debido al sobre dimensionamiento de las instalaciones y aumento de las facturas de electricidad.

Otras consecuencias de la degradación de la CEE es la disminución del rendimiento energético de la instalación eléctrica, lo que hace más costosa la factura de consumo eléctrico.

2.2.3 Aspectos generales de la calidad de la energía eléctrica.

Entre los aspectos más importantes de por qué debemos cumplir con la calidad de la energía eléctrica tenemos:

- a. Porque el derecho a recibir un servicio de calidad lo establece la actual Constitución Política del Ecuador
- b. Porque existe una Ley Orgánica de Defensa del Consumidor
- c. Porque se promulgó una ley específica cómo es la Ley de Régimen del Sector Eléctrico – 1996
- d. El Reglamento de Suministro del Servicio de Electricidad (RSSE). Establece que las Empresas Eléctricas Distribuidoras adecuaran progresivamente sus instalaciones, organización y procedimientos técnicos y comerciales.
- e. La Regulación 004/01 emitida en el 2001 establece niveles de Calidad del Servicio Eléctrico y los procedimientos de evaluación a ser observados por las Empresas Eléctricas Distribuidoras.

En nuestro país los procedimientos y actividades relacionadas con la calidad de la energía se las practica con lo establecido en la regulación CONELEC 004/01, en la que indica los aspectos de calidad del servicio se medirán considerando lo siguiente:

a) Calidad del Servicio Técnico

Comprende los siguientes puntos:

- 1. Frecuencia de interrupciones
- 2. Duración de interrupciones

b) Calidad del Producto

Se refiere a:

- 1. Nivel de voltaje
- 2. Perturbaciones de voltaje.
- 3. Factor de potencia.

c) Calidad del Servicio Comercial.

Comprende los siguientes puntos:

1. Atención de solicitudes
2. Atención de reclamos.
3. Error en medición y facturación.

El presente tema de estudio se refiere a la calidad del producto por cuanto el análisis que se hizo es desde el punto de vista del cliente, ya que los otros dos parámetros le corresponden a la empresa distribuidora.

d) Calidad del Producto

En cuanto a calidad del producto se analizan los siguientes parámetros que comprenden en este ítem los mismos que se detallan a continuación:

1. Nivel de Tensión: El nivel de tensión representa la magnitud tanto en más como en menos que la mayoría de las cargas pueden soportar y operar de manera satisfactoria sin que se afecte su productividad y vida útil. En tal virtud, de acuerdo con la Regulación CONELEC 004/01, “la calidad de la tensión se determina como las variaciones de los valores eficaces (rms) medidos cada 10 minutos, con relación a la tensión nominal en los diferentes niveles”

$$\Delta V_k (\%) = \frac{V_k - V_n}{V_n} \times 100$$

Donde:

ΔV_k : Variación de Voltaje, en el punto de medición, en el intervalo k de 10 minutos.

V_k : Voltaje eficaz (rms) medido en cada intervalo de medición k de 10 minutos.

V_n : Voltaje nominal en el punto de medición

2. Límites: El Distribuidor no cumple con el nivel de voltaje en el punto de medición respectivo, cuando durante un 5% o más del período de medición de 7 días continuos, en cada mes, el servicio lo suministra incumpliendo los límites de voltaje.

Las variaciones de voltaje admitidas con respecto al valor del voltaje nominal se señalan a continuación:

TABLA 2.3: VARIACIONES DE VOLTAJE CON RESPECTO AL VALOR DEL VOLTAJE NOMINAL

Descripción	Sub etapa 1	Sub etapa 2
Alto Voltaje	± 7,0 %	± 5,0 %
Medio Voltaje	± 10,0 %	± 8,0 %
Bajo Voltaje. Urbanas	± 10,0 %	± 8,0 %
Bajo Voltaje. Rurales	± 13,0 %	± 10,0 %

Fuente: Regulación CONELEC – 004/01

2.2.4 Perturbaciones

Son el conjunto de fenómenos que afectan el funcionamiento de cualquier dispositivo, equipo o Sistema Eléctrico de Potencia. Las perturbaciones son causadas por las condiciones de operación del sistema de suministro de energía eléctrica, por la naturaleza y características de operación de los equipos de los usuarios.

Las fuentes más comunes de perturbaciones son los fenómenos atmosféricos (rayos, viento, etc.). La medición de la calidad de la potencia eléctrica consiste en verificar que las señales de tensión y corriente cumplan con los parámetros vigentes establecidos por las normas adoptadas por cada país. También es de mucha importancia la duración de las perturbaciones, algunas pueden ser de corta duración, otras pueden ser de algunos ciclos y otras se pueden mantener por varios períodos e inclusive segundos y hasta minutos.

2.2.4.1 Efectos de las perturbaciones

Las perturbaciones ocasionan dos efectos de forma general.

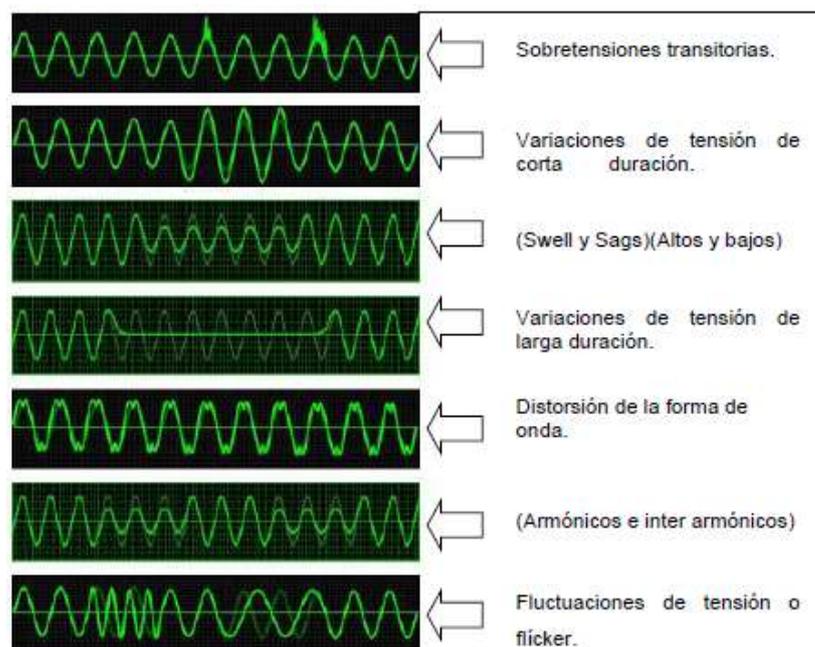
1. Efectos inmediatos: Maniobras intempestivas de contactores o de sistemas de protección, funcionamiento erróneo o parada de máquinas.

2. Efectos diferidos: Pérdidas de energía, envejecimiento acelerado de los equipos debido al calentamiento y esfuerzo electrodinámico suplementario (incendios) producido por las perturbaciones.

2.2.4.2 Clasificación de las perturbaciones

Según la Norma IEEE 1159 – 1995, clasifica a las perturbaciones en siete categorías según su contenido espectral, su magnitud y su duración, como en la figura siguiente se indica.

FIGURA 2.10: TIPOS DE PERTURBACIONES



Fuente: Calidad de Potencia Eléctrica Universidad Nacional de Colombia.

2.2.5 Flícker

Según Spitta A, (2004), define que:

El Flícker es una sensación fisiológica perceptible por el ser humano ocasionada por perturbaciones en el voltaje, que se manifiesta básicamente en las variaciones de la intensidad en la iluminación, que a su vez produce una sensación molesta a la vista.

El Flícker es producido por las fluctuaciones de voltaje, las variaciones cíclicas del valor eficaz, los cambios aleatorios y los cambios momentáneos de voltaje.

- Efectos

El daño causado por el efecto Flícker es deteriorar la calidad de la tensión, sin embargo, la mayoría de los equipos que tienen una constante de tiempo propia considerable no perciben este cambio. El efecto Flícker tiene una mayor influencia en la iluminación, cuando la variación de flujo luminoso de las lámparas causa cansancio en la visión.

Las constantes variaciones del flujo luminoso, que crean una considerable molestia, no dependen de la forma de variación (senoidal, rectangular, etc.) sino de la frecuencia de repetición de las variaciones, por lo tanto se pueden sacar conclusiones de un análisis a las variaciones senoidales.

Las variaciones en la iluminación con frecuencias de 100Hz en lámparas alimentadas con corrientes de frecuencia de 60 Hz no son notadas por el ojo humano. Si la frecuencia de los cambios en la luminaria disminuyen, entonces los ojos se hacen más sensibles, tan pronto su amplitud supere un determinado pico, este pico disminuye y pasa por un mínimo a una frecuencia cercana a los 20 Hz y luego nuevamente aumenta.

En conclusión se puede decir que el flícker es el parpadeo del alumbrado debido a las fluctuaciones de la tensión entre 0.5 y 25 Hz. La medida se realiza mediante un parámetro llamado perceptibilidad, Pst, para tiempos cortos (10 minutos) y Plt para tiempos largos (generalmente 2 horas). Si la frecuencia de la señal eléctrica es inferior a la fundamental, recibe el nombre de sub armónico.

Según regulación No. CONELEC 004/01 “Para efectos de la evaluación de la calidad, en cuanto al flícker, se considerará el Índice de Severidad por Flícker de Corta Duración (Pst), en intervalos de medición de 10 minutos, definida de acuerdo a las normas IEC; misma que es determinada mediante la siguiente expresión:

$$P_{st} = \sqrt{0.0314 P_{0.1} + 0.0525 P_1 + 0.0657 P_3 + 0.28 P_{10} + 0.08 P_{50}}$$

Donde:

P_{st}: Índice de Severidad de Flícker de Corta Duración.

P_{0.1}, P₁, P₃, P₁₀, P₅₀: Niveles de efecto “Flícker” que se sobrepasan durante el 0.1%, 1%, 3%, 10%, 50% del tiempo total del periodo de observación”

- Límites

Para la Regulación CONELEC 004/01 “El índice de severidad del Flícker P_{st} en el punto de medición respectivo, no debe superar la unidad. Se considera el límite P_{st} = 1 como el tope de irritabilidad asociado a la fluctuación máxima de luminancia que puede soportar sin molestar al ojo humano en una muestra específica de población.”

2.2.6 Armónicas

Según Velasco G, (2006) “se denominan armónicas a las ondas de tensión o de corriente cuyas frecuencias son varias veces mayor que la frecuencia fundamental de la red (60Hz en el Ecuador). Comprende frecuencias hasta un máximo de 2400 Hz”.

$$V_i' = \left(\frac{V_i}{V_n} \right) \times 100$$

$$THD = \left(\frac{\sqrt{\sum_{i=2}^{40} (V_i)^2}}{V_n} \right) \times 100$$

Donde:

V_i': Factor de Distorsión Armónica Individual de Voltaje.

THD: Factor de Distorsión Total por Armónicos, expresado en porcentaje

V_i: Valor Eficaz (rms) del Voltaje Armónico “i” (para i = 2... 40) expresado en Voltios.

V_n: Voltaje Nominal del Punto de Medición expresado en Voltios.

- Límites

Para la Regulación CONELEC 004/01 “los valores eficaces (rms) de los voltajes armónicos individuales (V_i') y los THD, expresados como porcentaje del voltaje nominal del punto de medición respectivo, no deben superar los valores límite (V_i' y THD $\hat{}$) señalados a continuación:

TABLA 2.4: VALORES LÍMITES DE ARMÓNICAS DE VOLTAJE

ORDEN (n) DE LA ARMÓNICA Y THD	TOLERANCIA $ V_i' $ o $ THD\hat{}$ (% respecto al voltaje nominal del punto de medición)	
	V > 40 KV (otros puntos)	V ≤ 40 KV (Trafos de Distribución)
Impares no múltiplos de 3		
5	2.0	6.0
7	2.0	5.0
11	1.5	3.5
13	1.5	3.0
17	1.0	2.0
19	1.0	1.5
23	0.7	1.5
25	0.7	1.5
> 25	$0.1 + 0.6*25/n$	$0.2 + 1.3*25/n$
Impares múltiplos de tres		
3	1.5	5.0
9	1.0	1.5
15	0.3	0.3
21	0.2	0.2
Mayores de 21	0.2	0.2
Pares		
2	1.5	2.0
4	1.0	1.0
6	0.5	0.5
8	0.2	0.5
10	0.2	0.5
12	0.2	0.2
Mayores a 12	0.2	0.5
THD	3	8

Fuente: Regulación CONELEC – 004/01

Para efectos de esta regulación se consideran los armónicos comprendidos entre la segunda y la cuadragésima, ambas inclusive”

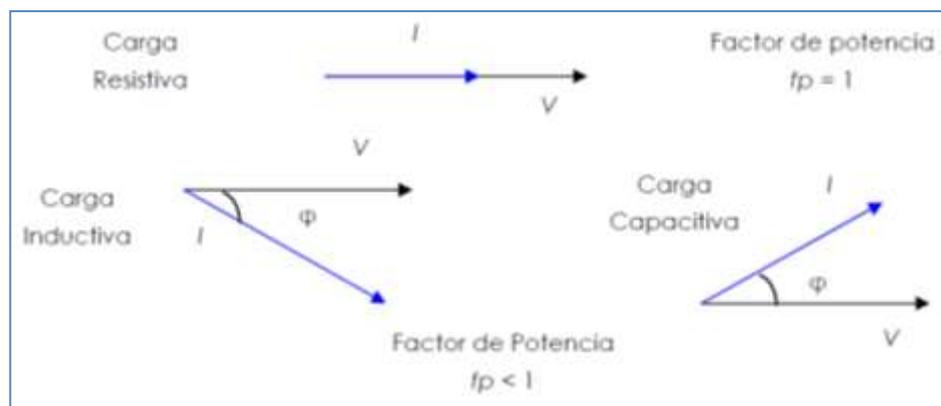
2.2.7 Potencia

²⁵La medición de potencia en corriente alterna es más complicada que la de corriente continua debido al efecto de los inductores y capacitores. Por lo que en cualquier circuito de corriente alterna existen estos tres parámetros de inductancia, capacitancia y resistencia en una variedad de combinaciones.

En circuitos puramente resistivos la tensión (V) está en fase con la corriente (I), siendo algunos de estos artefactos como lámparas incandescentes, planchas, estufas eléctricas etc. Toda la energía la transforma en energía lumínica o energía calorífica.

Mientras que en un circuito inductivo o capacitivo la tensión y la corriente están desfasadas 90° una respecto a la otra. En un circuito puramente inductivo la corriente está atrasada 90° respecto de la tensión. Y en un circuito puramente capacitivo la corriente va adelantada 90° respecto de la tensión.

FIGURA 2.11: REPRESENTACIÓN VECTORIAL, PARA CARGAS; RESISTIVA, INDUCTIVA Y CAPACITIVA.



Fuente: http://www.metas.com.mx/guiametas/La-Guia-MetAs-10-02-factor_de_potencia.pdf

La Potencia se puede definir como la capacidad para efectuar un trabajo, en otras palabras, como la razón de transformación, variación o transferencia de energía por unidad de tiempo.

²⁵ La Guía MetAs, ¿Qué es el factor de potencia?, Febrero 2010, http://www.metas.com.mx/guiametas/La-Guia-MetAs-10-02-factor_de_potencia.pdf

2.2.7.1 Potencia activa

Los diferentes dispositivos eléctricos convierten energía eléctrica en otras formas de energía como: mecánica, lumínica, térmica, química, entre otras.

Esta energía corresponde a la energía útil o potencia activa o simplemente potencia, similar a la consumida por una resistencia. Expresada en Watts.

Sistema Monofásico

$$P = V \cdot I \cdot \cos \varphi$$

Sistema Trifásico

$$P_{3\phi} = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \cos \varphi$$

P = Potencia Activa

V = Tensión de la Red (Tensión de Líneas) (entre Fases)

I = Corriente de la Línea

φ = Ángulo de desfase entre el Voltaje y la Corriente

2.2.7.2 Potencia reactiva

Los motores, transformadores y en general todos los dispositivos eléctricos que hacen uso del efecto de un campo electromagnético, requieren potencia activa para efectuar un trabajo útil, mientras que la potencia reactiva es utilizada para la generación del campo magnético, almacenaje de campo eléctrico que en sí, no produce ningún trabajo.

La potencia reactiva esta 90° desfasada de la potencia activa.

Esta potencia es expresada en volts-ampere reactivos. (VAR)

Sistema Monofásico

$$Q = V \cdot I \cdot \sin \varphi$$

Sistema Trifásico

$$Q_{3\phi} = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \sin \varphi$$

Q = Potencia Reactiva

V = Tensión de la Red (Tensión de Líneas) (entre Fases)

I = Corriente de la Línea

φ = Ángulo de desfase entre el Voltaje y la Corriente

2.2.7.3 Potencia aparente

Es la que resulta de considerar la tensión aplicada al consumo de la corriente que éste demanda, es también la resultante de la suma de los vectores de la potencia activa y la potencia reactiva.

Esta potencia es expresada en volts-amperes (VA).

$$S = V \cdot I = \sqrt{P^2 + Q^2} \angle \tan^{-1} \left(\frac{Q}{P} \right)$$

Sistema Monofásico

$$S = V \cdot I$$

Sistema Trifásico

$$S_{3\phi} = \sqrt{3} \cdot V \cdot I$$

2.2.7.4 Potencia distorsión

²⁶En la revista Scientia et technica, (2004) “Potencia de distorsión es cuando la instalación cuenta con cargas que producen armónicos, aparece una componente más a tener en cuenta en el cálculo de la potencia aparente se la conoce con la letra D”

Lo que se concluye que actualmente esta potencia es la real medida por los analizadores, debido a las cargas no lineales, mismas que producen distorsiones armónicas de la red y a su vez inciden directamente en el factor de potencia.

$$D = V_1 \cdot I_D$$

donde:

D = Potencia de Distorsión

V₁ = Voltaje de la Red

I_D = Corriente Distorsionada

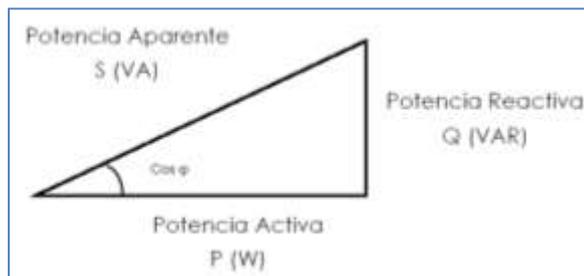
²⁶ Idem, pág. 42 ref. 24

2.2.8 Factor de Potencia

²⁷El factor de potencia (fp) es la relación entre las potencias activa (P) y aparente (S) si las corrientes y tensiones son señales sinusoidales.

Si estas son señales perfectamente sinusoidales el factor de potencia será igual al cos ϕ , o bien el coseno del ángulo que forman los fasores de la corriente y la tensión, designándose en este caso como $\cos \phi$ el valor de dicho ángulo. De acuerdo a la figura 2.12.

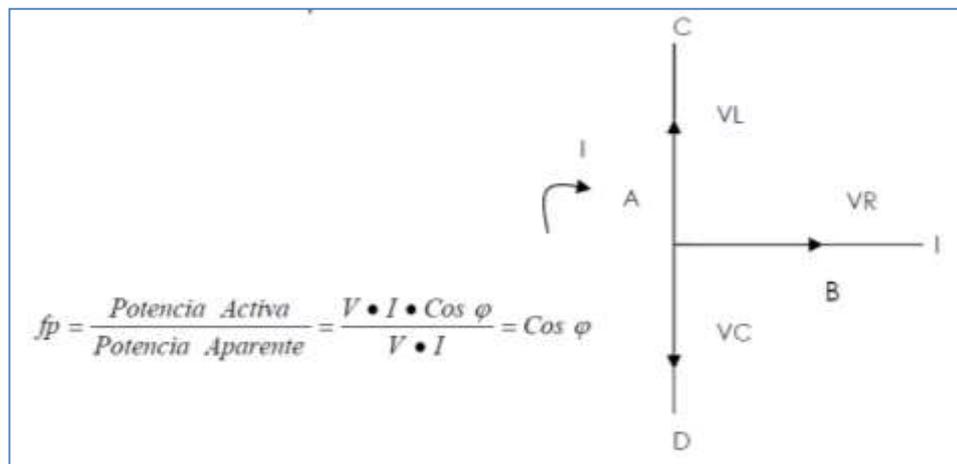
FIGURA 2.12: TRIÁNGULO DE POTENCIAS



Fuente: http://www.metas.com.mx/guiametas/La-Guia-MetAs-10-02-factor_de_potencia.pdf

El diagrama vectorial de la figura 2.13 que se muestra para un circuito inductivo se observa que la corriente está atrasada a la tensión, existen dos componentes y uno de ellos es el vector AB, en fase con la tensión y es una potencia activa vista en la carga, la otra componente AC la cual está atrasada 90° representa la potencia reactiva, por lo tanto la relación entre la potencia activa y aparente es llamado factor de potencia.

FIGURA 2.13: DIAGRAMA DE VECTORES



Fuente: http://www.metas.com.mx/guiametas/La-Guia-MetAs-10-02-factor_de_potencia.pdf

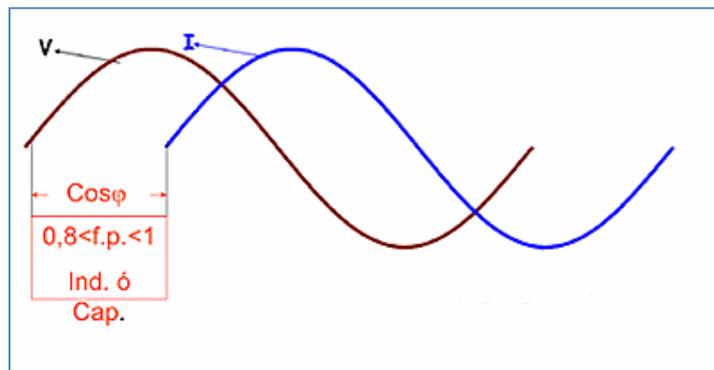
²⁷ Idem, pág. 51 ref. 25

El problema del bajo factor de potencia se lo puede dividir en dos grupos, económico y técnico.

Por qué existe bajo Factor de Potencia

La potencia reactiva, es necesaria para producir el flujo electromagnético que pone en funcionamiento elementos como: motores, transformadores, lámparas fluorescentes, equipos de refrigeración, entre otros. Cuando la cantidad de estos equipos es apreciable, un alto consumo de energía reactiva puede producirse como consecuencia.

FIGURA 2.14: PRESENTACIÓN GRÁFICA DEL FACTOR DE POTENCIA.



Fuente: http://www.metas.com.mx/guiametas/La-Guia-MetAs-10-02-factor_de_potencia.pdf

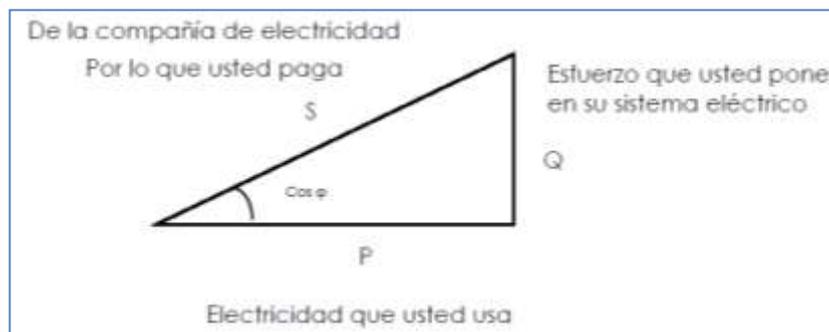
Entre las principales consecuencias de un bajo Factor de Potencia podemos mencionar los siguientes:

- Aumento en la Corriente
 - Incrementan las pérdidas por efecto Joule las cuales son una función del cuadrado de la Corriente, ejemplo:
 - Los cables entre el medidor y el usuario
 - Los embobinados de los Transformadores de Distribución
 - Dispositivos de operación y protección
- Aumento en la caída de tensión resultando en un insuficiente suministro de potencia a las cargas, éstas sufren una reducción en su potencia de salida. Esta caída de tensión afecta a:
 - Embobinados de Transformadores de Distribución

- Cables de alimentación
- Sistema de protección y control
- Estas desventajas también afectan al productor y al Distribuidor de Energía Eléctrica. El productor penaliza al usuario con factor de potencia bajo haciendo que pague más por su electricidad.
 - Es por esta razón que las Compañías de Electricidad cargan tarifas más altas cuando el factor de potencia es bajo.

Una manera de visualizar las componentes que intervienen en ese incremento del costo de la energía se puede mostrar haciendo referencia al triángulo de potencias de la figura 2.15.

FIGURA 2.15: REPRESENTACIÓN Y CORRESPONDENCIA PRÁCTICA DE LAS POTENCIAS



Fuente: http://www.metas.com.mx/guiametas/La-Guia-MetAs-10-02-factor_de_potencia.pdf

La figura 2.15 es la mejor forma de comprender de forma gráfica que es el $\cos \varphi$ y la estrecha relación con las restantes tipos de potencia presentes en un circuito eléctrico de corriente alterna.

Como se puede observar en el triángulo de la ilustración el $\cos \varphi$ representa gráficamente la potencia activa (P) y la potencia aparente (S), es decir la relación existente entre la potencia real de trabajo y la potencia total consumida por la carga o el consumidor conectado a un circuito eléctrico de corriente alterna.

Se puede representar matemáticamente por medio de la siguiente fórmula:

$$\cos \varphi = \frac{P}{S}$$

$$\cos \varphi = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}}$$

$$\cos \varphi = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2 + D^2}}$$

Si la onda no fuese perfecta la potencia aparente (S) no estaría únicamente compuesta por la potencia activa (P) y la potencia reactiva (Q), sino que aparecería una tercera componente suma de todas las potencias que genera la distorsión D. Si suponemos que en la instalación hay una Tasa de Distorsión Armónica (THD) alta y debido a que hay corrientes armónicas junto con la tensión a la que está sometido el conductor por el fluyen como resultado una potencia, que si fuese ésta la única distorsión en la instalación, su valor correspondería con el total de las distorsiones D.

²⁸El valor ideal del factor de potencia es 1, el cual corresponde a una carga netamente activa o resistiva, pero un valor técnico-económico aceptable para las Empresas Distribuidoras de Electricidad es $\geq 0,92$.

El factor de potencia puede ser en retraso en un circuito R-L, en adelanto en un circuito R-C o unitario en un circuito R.

Por razones de orden práctico y tarifario, en las facturas de las Empresas Eléctricas Distribuidoras, por ejemplo se calcula la tangente ϕ como el cociente entre la energía reactiva y la activa del período facturado, resultando por lo tanto un valor promedio.

Por lo anteriormente señalado; el factor de potencia o $\cos \phi$ medio de una instalación para fines prácticos, se determina a partir de la formula siguiente:

$$FP = \frac{KWh}{KWh^2 + KVARh^2} = \cos \phi$$

O bien:

$$FP = \cos \left(\tan^{-1} \left(\frac{KVARh}{KWh} \right) \right)$$

Donde:

KWh: Cantidad registrada por el contador de Energía Activa.

KVARh: Cantidad registrada por el contador de Energía Reactiva.

²⁸ Idem, pág. 42 ref. 24

2.3 Definiciones de Puesta a Tierra

²⁹ Un sistema completo de tierra es una instalación eléctrica consta de tres componentes principales: Tierra Física, Tierra del Circuito o de Servicio y Tierra del Equipo o de Seguridad.

2.3.1 Tierra Física

Se conoce también como sistema de electrodos de tierra, es la conexión física entre un sistema eléctrico y un sistema de electrodos de tierra. Incluye el sistema de electrodo de tierra y las conexiones efectivas a tierra. Un sistema de electrodos de tierra puede consistir en una varilla, tubería u otros electrodos aprobados por los códigos y normas. Este sistema dispuesto debe ser en forma subterránea bajo el nivel del suelo y en contacto directo a tierra.

2.3.2 Tierra del Circuito

Es el conductor conectado a tierra como por ejemplo el neutro del circuito. Tiene como función en caso de un cortocircuito o falla a tierra, de transportar la corriente desde el sistema eléctrico hasta en electrodo de tierra o tierra física.

2.3.3 Tierra del Equipo

Se denomina también tierra de seguridad. Está destinada a la protección del personal y del equipo contra fallas o cortocircuitos.

Interconecta las partes metálicas de los equipos que usualmente no acarrean corriente y así permite mantenerlos a una referencia cero “0” o plano equipotencial.

2.3.4 Tierra de Protección contra Rayos o descargas atmosféricas

El sistema de tierra asociado a pararrayos lo rige el código de protección contra rayos NFPA-780 y otras normas tales como la IEC-61024.

²⁹ Sistema de Puesta a Tierra, Editora ProCobre México.

El sistema de tierra para descargas atmosféricas la sección 250 el Código Eléctrico Nacional debe interconectarse al Sistema de Tierra de la planta.

2.3.5 Tierra de Referencia

Es un sistema para los equipos electrónicos con el objeto de proporcionar la referencia operacional a los equipos electrónicos. La consideración de esta tierra es que debe tener muy bajo el nivel de impedancia además de ser conectada en forma apropiada según lo establecido en el artículo 250 del NEC.

2.3.6 Malla de Tierra

Un sistema de electrodos artificiales de tierra que consiste en un número de conductores dispuestos en forma horizontal enterrados en el suelo e interconectados entre sí formando una malla con la función de proveer una conexión a Tierra en forma común para dispositivos eléctricos y estructuras metálicas. Las mallas de tierra instaladas cerca de la superficie del suelo son efectivas para controlar los gradientes de superficies de potencial.

2.3.7 Métodos de Conexión del Neutro a Tierra del Sistema Eléctrico.

En las plantas industriales la clasificación común para el manejo de las conexiones eléctricas a la red de tierra son las siguientes:

- Sistema Aislado de Tierra.
- Sistema con Neutro conectado a Tierra.

existen otros métodos de conexión a tierra los cuales no son muy comunes.

2.3.7.1 Sistema con Neutro conectado a Tierra.

Existen ciertos métodos para efectuar una conexión a tierra, los cuales reciben definiciones estandarizadas. Cada uno se identifica por un código que contiene las siguientes letras:

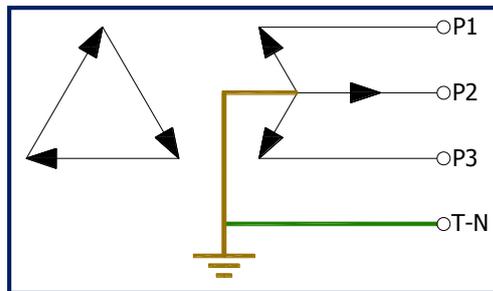
T : Tierra, conexión Directa a Tierra.

N : Neutro.

C : combinada.

S : separada.

**FIGURA 2.16: SUMINISTRO TNC TÍPICO
NEUTRO PUESTO A TIERRA.**



Fuente: Los Autores

Como definición podemos indicar que la magnitud de la corriente de falla es elevada y va a depender de la potencia de cortocircuito del sistema y del punto en el cual ocurra la falla. Debido a ello la falla debe ser despejada en el menor tiempo posible.

El sistema sólidamente conectado a tierra tiene como beneficio asegurar el despeje rápido y selectivo de fallas, así como la ausencia de sobretensiones transitorias debido a que la magnitud de la impedancia de secuencia cero generalmente es mucho menor que el valor de la impedancia de secuencia positiva de la red.

En algunos casos puede ocurrir que la impedancia de secuencia cero sea mayor que la de secuencia positiva, tal como un sistema con transformadores en paralelo, la misma situación puede ocurrir cuando se alimentan instalaciones remotas a través de una línea aérea sin cable de guarda, por eso es requerido determinar el grado de efectividad de la conexión a tierra.

Uno de los aspectos críticos en la configuración de los sistemas con neutro sólidamente conectado a tierra es determinar el grado de efectividad de las conexiones a tierra del sistema y para ello es importante determinar los efectos que sobre la magnitud de la corriente de falla que imponen los caminos de retorno y los divisores de corriente creados por conexiones metálicas existentes entre el punto de falla y la fuente.

2.3.8 Necesidad de Conexión a Tierra: Punto de vista de la seguridad.

En los sistemas eléctricos industriales la seguridad del sistema ante fallas a tierra es determinada por la magnitud de la corriente de falla que circula por el sistema de electrodos de tierra y por los circuitos que actúan como retornos y como divisores de la corriente. La magnitud de la corriente de falla es determinada principalmente por:

- Potencia de cortocircuito a tierra del sistema eléctrico.
- Conexiones de los transformadores.
- Métodos de conexión a tierra del neutro.
- Calidad de la interface neutro del sistema eléctrico, sistema de electrodo.
- Capacidad del sistema de electrodos de tierra para mantener en valores seguros los gradientes de potenciales de toque y de paso.

De manera detallada será analizado los elementos que influyen en los riesgos de descarga eléctrica relacionados con el método de conexión del neutro a tierra.

2.3.9 Voltaje de Toque, de Paso y transferido.

El propósito de un sistema de conexión a tierra es proveer un camino de baja impedancia de contacto eléctrico entre el neutro de un sistema eléctrico y el suelo.

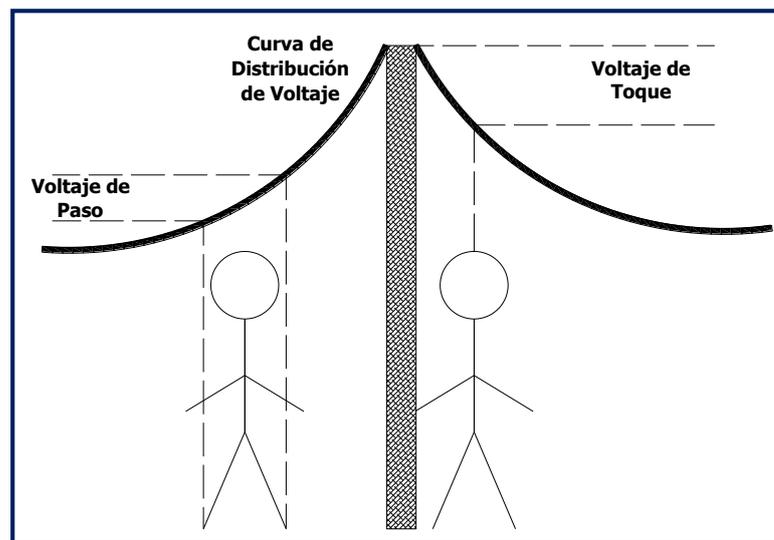
Dependiendo del nivel de la diferencia de potencial entre los puntos sobre el suelo y las estructuras conectada a tierra pueden generarse condiciones de riesgo para las personas. Estas condiciones pueden resultar en posibilidades distintas:

a.- Una persona en contacto con una estructura conectada a tierra la cual está a un potencial diferente del punto sobre el suelo en el cual se encuentra la persona. En este caso el individuo está expuesto al voltaje el cual será generado por la corriente que circulara a través de su cuerpo. El Voltaje es denominado **VOLTAJE DE TOQUE** o **DE CONTACTO**.

b.- Una persona caminando sobre el suelo de una instalación en la cual existen potenciales distintos, experimenta un Voltaje entre sus pies. En este caso el voltaje se denomina **VOLTAJE DE PASO**.

Para un mayor entendimiento se expone los siguientes conceptos:

FIGURA 2.17: REFERENCIA DE VOLTAJE DE PASO Y DE TOQUE



Fuente: Los Autores

- **Voltaje de Paso (V_p)**

Es la diferencia de potencial que puede existir entre dos puntos sobre la superficie del terreno, es decir cuando por una persona se encuentra con los pies separados un metro entre sí, sin contacto con ningún objeto conectado a tierra.

- **Voltaje de Toque o Contacto (V_c)**

Se define como la diferencia entre el potencia de tierra (E_0) y el potencial sobre la superficie del suelo cuando una persona de pie mantiene contacto a través de sus manos con alguna superficie conectada a la red de tierra.

- **Voltaje Transferido (V_t)**

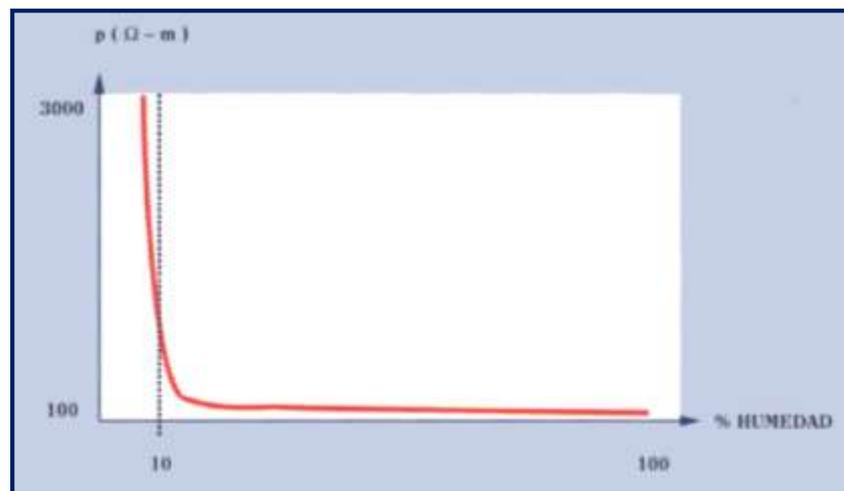
Es una situación de exposición a una condición particular de voltaje de toque. Una persona ubicada en un lugar remoto a la subestación es sometida a una diferencia de potencia producto de la circulación de una corriente de falla en la red de tierra de la subestación.

En una subestación durante una condición de falla en el sistema eléctrico fluye un alto valor de corriente de falla a través de la conexión a tierra lo cual origina el desarrollo de los potenciales de tierra a través de la superficie del suelo como resultado de la resistencia del suelo. En el caso de una corriente de falla producto de descargas atmosféricas también se desarrollan potenciales de toque, paso y transferidos.

2.3.10 Efectos de la Humedad en el Suelo.

La resistividad del suelo se eleva rápidamente cuando el contenido de humedad cae más debajo de 22% por peso.

FIGURA 2.18: VARIACIÓN DE LA RESISTIVIDAD EN RELACIÓN DIRECTA CON LOS PORCENTAJES DE HUMEDAD CONTENIDA EN EL SUELO



Fuente: PROCOBRE, Sistema de Puesta a Tierra

De aquí, en donde sea posible el electrodo debe ser enterrado bien profundo, lo suficiente para asegurar un contacto con la humedad permanente de la Tierra.

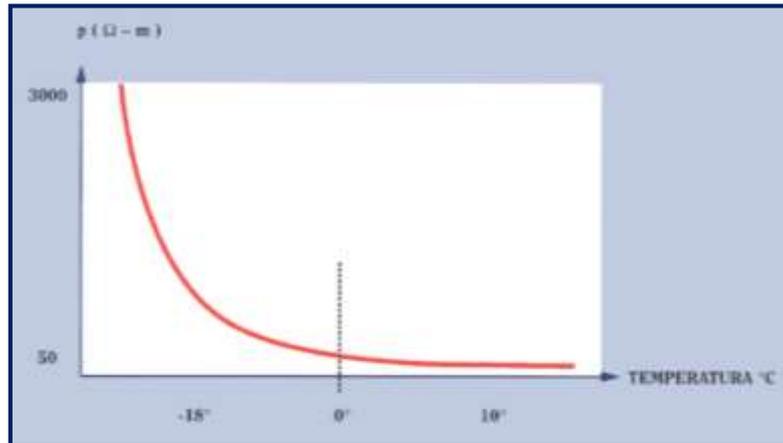
Generalmente se cubre el piso con cascajo o piedra picada en 10 cm de profundidad tales como se usan en los terrenos de la subestación para ayudar a separar la evaporización y así limitar el secado de la capa superior durante periodos prolongados de sequedad.

Este cubrimiento de la superficie del terreno con material de alta resistividad es valioso porque reduce las corrientes de cortocircuito.

2.3.11 Efecto de la temperatura en el Suelo.

La resistividad de los suelos, también dependen de la temperatura; en la siguiente ilustración se observa el aumento de la resistividad del terreno en función de la temperatura.

FIGURA 2.19: RESISTIVIDAD DEL TERRENO EN FUNCIÓN DEL DESCENSO DE LA TEMPERATURA.

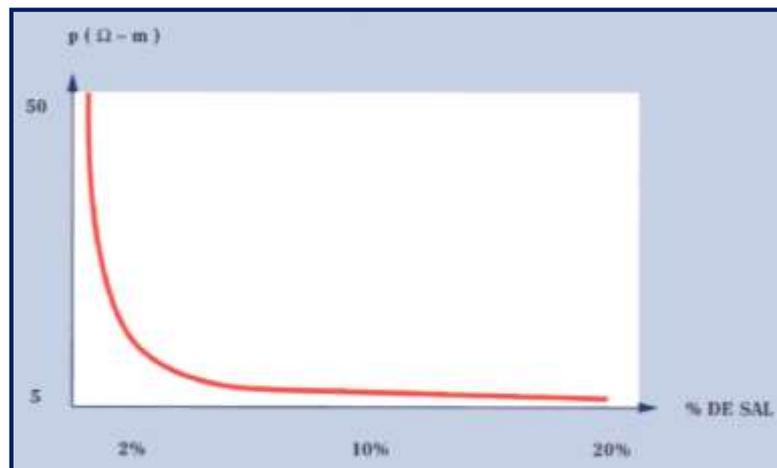


Fuente: PROCOBRE, Sistema de Puesta a Tierra

2.3.12 La concentración de sales disueltas.

Al presentarse una mayor concentración de sales disueltas en un terreno, se mejorará notablemente la conductividad del mismo; la siguiente ilustración muestra la variación de la resistividad de un terreno en función del porcentaje de sal presente.

FIGURA 2.20: GRAFICA DE LA RELACIÓN ENTRE A RESISTIVIDAD DEL TERRENO Y EL PORCENTAJE DE SAL.



Fuente: PROCOBRE, Sistema de Puesta a Tierra

2.3.13 Efecto de la Gradiente de Voltaje.

El gradiente de potencial es la relación que da el valor de un campo eléctrico en cualquier punto del aislamiento, en función de la posición de este punto. Esta resistencia del sistema de puesta a tierra no es afectada por la gradiente de voltaje a menos que sobrepasa un valor crítico. Este valor varía con la naturaleza del terreno.

Si la gradiente de potencial sobrepasa los límites de seguridad se forman arcos en la superficie de los electrodos y aumentan dentro de la tierra de tal manera que incrementen el tamaño efectivo del electrodo, hasta que las gradientes de voltajes son reducidas a valores en los cuales el terreno es seguro.

Un sistema de puesta a tierra normalmente es diseñado para conservar estos gradientes por debajo de los valores críticos, la resistencia y resistividad.

2.4 Definiciones de Riesgo Eléctrico

2.4.1 Riesgo eléctrico

³⁰El Riesgo Eléctrico está presente en cualquier tarea que implique manipulación o maniobra de instalaciones eléctricas de baja, media y alta tensión, operaciones de mantenimiento de las mismas, utilización, manipulación y reparación del equipo eléctrico de las máquinas, así como utilización de aparellaje eléctrico en entornos para los cuales no ha sido diseñado el dispositivo (ambientes húmedos y/o mojados), etc. Dentro del riesgo eléctrico quedan específicamente incluidos:

- Electrocución: es la posibilidad de circulación de una corriente eléctrica a través del cuerpo humano.
- Quemaduras por choque o arco eléctrico.
- Caídas o golpes como consecuencia de choque o arco eléctrico.
- Incendios o explosiones originados por la electricidad.

³⁰ UNIVERSIDAD POLITÉCNICA MADRID, Riesgo Eléctrico Bajo Control,

<http://www.upm.es/sfs/Rectorado/Gerencia/Prevencion%20de%20Riesgos%20Laborales/Informacion%20sobre%20Prevencion%20de%20Riesgos%20Laborales/Manuales/folleto%20laboratorios%20el%C3%A9ctricos%2021nov2006.pdf>

El paso de la corriente eléctrica a través del cuerpo puede provocar distintas lesiones que van desde las quemaduras hasta la fibrilación ventricular y la muerte.

2.4.1.1 Efectos de la Electricidad sobre el Organismo Humano

Cuando una persona se pone en contacto con la corriente eléctrica no todo el organismo se ve afectado por igual. Hay unas partes del cuerpo que resultan más dañadas que otras. Éstas son:

Piel: supone el primer contacto del organismo con la electricidad. La principal lesión son las quemaduras debido al efecto térmico de la corriente. En baja tensión se originan unas quemaduras superficiales («manchas eléctricas») en el punto de entrada y salida de la corriente. En alta tensión se pueden llegar a producir grandes quemaduras con destrucción de tejidos en profundidad.

Músculos: cuando un impulso eléctrico externo llega al músculo, éste se contrae. Si los impulsos son continuos, producen contracciones sucesivas conocidas como “tetanización” de forma que la persona es incapaz físicamente de soltarse del elemento conductor por sus propios medios. En esta situación, y dependiendo del tiempo de contacto, la corriente sigue actuando con lo que pueden producirse daños en otros órganos, además de roturas musculares y tendinosas. La tetanización puede provocar además una contracción mantenida de los músculos respiratorios y generar una situación de asfixia que puede dañar irreversiblemente al cerebro y producir la muerte.

Corazón: la corriente eléctrica produce una alteración total en el sistema de conducción de los impulsos que rigen la contracción cardiaca. Se produce así la denominada “fibrilación ventricular”, en la que cada zona del ventrículo se contrae o se relaja descoordinadamente. De esta forma, el corazón es incapaz de desempeñar con eficacia su función de mandar sangre al organismo, interrumpiendo su circulación y desembocando en la parada cardiaca.

Sistema nervioso: los impulsos nerviosos son de hecho impulsos eléctricos. Cuando una corriente eléctrica externa interfiere con el sistema nervioso aparecen una serie de alteraciones, como vómitos, vértigos, alteraciones de la visión, pérdidas de oído, parálisis, pérdida de conciencia o parada cardiorrespiratoria. También pueden

afectarse otros órganos, como el riñón (insuficiencia renal) o los ojos (cataratas eléctricas, ceguera). Además, indirectamente, el contacto eléctrico puede ser causa de accidentes por caídas de altura, golpes contra objetos o proyección de partículas.

2.4.1.2 Factores que condicionan el daño por Contacto Eléctrico

El cuerpo humano se comporta como un conductor de electricidad cuando se encuentra accidentalmente en contacto con dos puntos a diferente tensión. En esa situación es donde se produce el riesgo de electrocución, ya que existe la posibilidad de que la corriente eléctrica circule a través del cuerpo humano. Existen diversos factores que pueden modificar las consecuencias del choque eléctrico, con lo que los efectos pueden ser muy diversos. Los principales factores son:

Intensidad (miliamperios): la otra unidad para medir la corriente es el amperio que determina la intensidad o cantidad de carga contenida en el paso de corriente entre dos puntos con diferente potencial, es decir, es la medida de la cantidad de corriente que pasa a través de un conductor. Ésta suele ser el factor determinante de la gravedad de las lesiones, de tal forma que a mayor intensidad, peores consecuencias, lo que significa que “lo que mata es la intensidad, no el voltaje”, ya que cuando tocamos un elemento activo de la instalación eléctrica o un elemento puesto accidentalmente en tensión se establece una diferencia de potencial entre la parte de nuestro cuerpo que lo haya tocado y la parte del cuerpo puesta en tierra (normalmente mano-pie). Esto es lo que llamamos “tensión de contacto”. Esta diferencia de potencial hace que circule una corriente por nuestro cuerpo que dependiendo de la resistencia de éste puede producir diferentes efectos, por ejemplo:

- 0.05 mA cosquilleo en la lengua
- 1.1 mA cosquilleo en la mano
- 0-25 mA tetanización muscular
- 25-30 mA riesgo de asfixia
- >50 mA fibrilación ventricular
- >4 A parada cardíaca

Una forma de reducir la intensidad será evidentemente reduciendo la diferencia de potencial o bien aumentando la resistencia del cuerpo mediante guantes, calzado adecuado, no de cuero y sin clavos, y aumentando la resistencia del suelo del emplazamiento.

Frecuencia de la Corriente: la mayoría de las instalaciones se realizan en corriente alterna, pero también debemos saber que existe la corriente continua. La frecuencia de la corriente se mide en Hertzios (Hz) -oscilaciones por segundo-

La corriente continua actúa por calentamiento y, aunque no es tan peligrosa como la corriente alterna, puede producir, a intensidades altas y tiempo de exposición prolongado, embolia o muerte por electrólisis de la sangre. En la corriente alterna si se da superposición de la frecuencia al ritmo nervioso y circulatorio puede producir espasmos y fibrilación ventricular. Es interesante saber que las bajas frecuencias son más peligrosas que las altas frecuencias; es decir, valores superiores a 100.000 Hz son prácticamente inofensivos.

Resistencia corporal (ohmios): el cuerpo humano no tiene una resistencia constante, de hecho la resistencia de los tejidos humanos al paso de la corriente es muy variable y dependerá mucho de la tensión a la que está sometido y de la humedad del emplazamiento. La piel es la primera resistencia al paso de la corriente al interior del cuerpo. Gran parte de la energía eléctrica es usada por la piel produciendo quemaduras, pero evitando lesiones profundas más graves que si se aplicara la energía eléctrica directamente sobre los tejidos profundos.

Al bajar la resistencia de la piel, una corriente de bajo voltaje puede convertirse en una amenaza para la vida; por ejemplo, a una tensión de 220 voltios, si la Resistencia de la piel es cada vez menor, esto implicará que la intensidad será cada vez mayor porque la intensidad, la resistencia y el voltaje están relacionados a través de la Ley de Ohm: $V = I \times R$ (voltaje = intensidad x resistencia).

Ley de Ohm: Intensidad es directamente proporcional a la diferencia de potencial e inversamente proporcional a la resistencia.

$$I (A) = V (V) / R (\Omega).$$

Tensión (voltios): es un factor que, unido a la resistencia, provoca el paso de la intensidad por el cuerpo. Es lo que anteriormente hemos llamado diferencia de potencial entre dos puntos. La tensión de contacto es aquella que surge de aplicarse entre dos partes distintas del cuerpo. La tensión de defecto es aquella que surge como consecuencia de un defecto de aislamiento entre dos masas, una masa y el cuerpo, una masa y tierra. Las lesiones por alto voltaje tienen mayor poder de destrucción de los tejidos y son las responsables de las lesiones severas; aunque con 120-220 Voltios también pueden producirse electrocuciones. En circunstancias normales, hasta 50 Voltios las descargas eléctricas no suelen dañar al organismo, porque es una tensión denominada de seguridad. Las llamadas tensiones de seguridad para diferentes resistencias del cuerpo y del emplazamiento son:

- Emplazamientos secos 50 V
- Emplazamientos húmedos o mojados 24 V
- Emplazamientos sumergidos 12 V

Estas tensiones de seguridad son aquellas que pueden ser aplicadas indefinidamente al cuerpo humano sin peligro; deben ser usadas como medidas de protección contra contactos indirectos en aquellos emplazamientos muy conductores o en herramientas o máquinas con aislamientos funcionales, con lo que les dispensaría de tomar otras medidas preventivas.

Tiempo de contacto: es, junto con la intensidad, el factor más importante que condiciona la gravedad de las lesiones (tener en cuenta que en baja tensión el tiempo de contacto se puede alargar debido a la tetanización que se produce a partir de 10 mA).

Recorrido de la Corriente: el punto de entrada y de salida de la corriente eléctrica en el cuerpo humano es muy importante a la hora de establecer la gravedad de las lesiones por contacto eléctrico, así las lesiones son más graves cuando la corriente pasa a través de los centros nerviosos y órganos vitales, como el corazón o el cerebro. Existe una regla: “la regla de una sola mano”, que establece que al trabajar con circuitos eléctricos en tensión se debe emplear una sola mano, manteniéndose la otra apartada hacia otro lado. Con ello se evita que la corriente pase de un brazo a otro y por tanto que afecte a los órganos vitales.

Factores personales: además del sexo y la edad, una serie de condiciones personales pueden modificar la susceptibilidad del organismo a los efectos de la corriente eléctrica como por ejemplo el estrés, la fatiga, el hambre, la sed, enfermedades, etc.

Los accidentes eléctricos se producen cuando la persona entra en contacto con la corriente eléctrica. Este contacto puede ser de dos tipos:

2.4.1.3 Contactos Eléctricos Directos

Se entiende por contacto directo el contacto de personas con partes activas (llamadas “Fases”) de la instalación o de los equipos. Las partes activas pueden ser los conductores y piezas conductoras bajo tensión en servicio normal. Se incluye el conductor neutro o compensador de las partes a ellos conectadas. Todas las operaciones eléctricas se realizarán en las fases (colocación de interruptores), no sobre el neutro. El contacto directo es decir, el toque directo de la fase por la que circula una intensidad de corriente determinada por los amperios, se puede producir de las siguientes formas:

- Contacto Fase- Tierra.
- Contacto Fase- Neutro.
- Contacto Fase- Máquina con Puesta a Tierra.
- Contacto Fase- Máquina sin Puesta a Tierra.

2.4.1.4 Contactos Eléctricos Indirectos

El contacto indirecto es aquél en el que la persona entra en contacto con elementos de la instalación o de los equipos que no forman parte del circuito eléctrico y que se encuentran accidentalmente en tensión como consecuencia de un fallo de aislamiento.

La característica principal de un contacto indirecto es que tan sólo una parte de la corriente de defecto circula por el cuerpo humano que realiza el contacto. El resto de la corriente circula por los contactos con tierra de las masas. La corriente que circula por el cuerpo humano será tanto más pequeña como baja sea la resistencia de puesta a tierra de las masas. Si la máquina hiciera mal contacto con el suelo o estuviera

aislada de él, el contacto indirecto se podría considerar como directo, al circular prácticamente toda la corriente por el cuerpo humano.

2.4.1.5 Riesgo de incendio y/o explosión

El trabajo con electricidad es a menudo causa de incendios y explosiones ya que funciona como fuente de ignición. Se estima, de hecho, que los sistemas eléctricos en malas condiciones de seguridad son una de las principales causas de incendios. Algunas de las posibles fuentes de ignición causadas por el sistema eléctrico son:

- Envejecimiento de circuitos y cortocircuitos en tomas de corriente.
- Recalentamiento del cableado y sobrecargas eléctricas.
- Fallos en los circuitos de motores eléctricos.
- Puntos de luz e interruptores expuestos a atmósferas explosivas: una chispa puede ser especialmente peligrosa si se trabaja en atmósferas explosivas o en la cercanía de gases o líquidos inflamables.

2.4.1.6 Gestión preventiva frente al riesgo eléctrico

El proceso de gestión preventiva frente al riesgo eléctrico consiste básicamente en:

1. Identificación y evaluación de las diferentes causas que pueden producir accidentes.
2. Eliminación y control del riesgo.
3. Diseño e implantación de medidas preventivas.

La prevención de este riesgo consiste en evitar todo tipo de contactos eléctricos, a través de:

1. El uso de instalaciones y aparatos eléctricos seguros,
2. El cumplimiento de la normativa de seguridad en instalaciones eléctricas,
3. El respeto de las buenas prácticas en la conexión instalación-aparato,
4. La realización de todas las operaciones de manipulación de elementos que pueden estar activos sin tensión.

2.4.1.7 Protección contra Contactos Eléctricos Directos

La protección contra el contacto directo consiste básicamente en poner fuera del alcance de las personas los elementos conductores bajo tensión mediante alguna de las siguientes medidas:

- Alejamiento de partes activas.
- Interposición de obstáculos
- Recubrimiento de partes activas
- Utilización de pequeñas tensiones de seguridad
- Uso de dispositivos diferenciales de alta sensibilidad

2.4.1.8 Protección contra Contactos Eléctricos Indirectos

Los sistemas de protección contra contactos eléctricos indirectos se basan en alguno de los siguientes principios

- Impedir la aparición de defectos mediante aislamientos complementarios.
- Hacer que el contacto eléctrico no sea peligroso mediante el uso de tensiones no peligrosas.
- Limitar la duración del contacto a la corriente mediante dispositivos de corte.

Las medidas de protección frente al riesgo de contacto eléctrico indirecto son de dos clases:

Clase A: esta medida consiste en tomar disposiciones destinadas a suprimir el riesgo en sí mismo, haciendo que los contactos no sean peligrosos. Entre estas disposiciones están:

- Empleo de pequeñas tensiones de seguridad.
- Separación de circuitos.
- Recubrimiento de las masas con aislamiento de protección.

Clase B: esta medida consiste en la puesta a tierra de las masas de los aparatos, asociándola a un dispositivo de corte automático que origine la desconexión del aparato defectuoso. Se utilizarán diferenciales de sensibilidad adecuada de forma que en caso de defecto, la corriente no supere el máximo admisible.

2.4.1.9 Procedimientos de trabajo en instalaciones eléctricas

- **Procedimiento para dejar sin tensión una instalación**

Para trabajar en instalaciones eléctricas se deben seguir unos métodos de trabajo seguros, así tendrá en cuenta los siguientes principios o “cinco reglas de oro” con el fin de dejar sin tensión una instalación:

1. Desconexión: abrir todas las fuentes de tensión.
2. Prevención de realimentación: enclavar o bloquear, si es posible, todos los dispositivos de corte.
3. Comprobar la ausencia de tensión.
4. Poner a Tierra y en cortocircuito todas las posibles fuentes de tensión.
5. Balizamiento y señalización del lugar con riesgo: se delimitará la zona de trabajo mediante señalización o pantallas aislantes.

- **Procedimiento de reposición de la tensión**

1. La retirada, si las hubiera, de las protecciones adicionales y de la señalización de los límites de trabajo.
2. La retirada, si la hubiera, de la puesta a tierra y en cortocircuito.
3. El desbloqueo y/o la retirada de la señalización de los dispositivos de corte.
4. El cierre de los circuitos para reponer la tensión.

Como excepción a la regla general de trabajar en ausencia de tensión, en los siguientes casos se podrán realizar trabajos con la instalación en tensión:

- Operaciones elementales en baja tensión, con material eléctrico concebido para tal utilización y sin riesgo para el personal en general.
- Trabajos en instalaciones con tensiones de seguridad.
- Operaciones que por su propia naturaleza, como mediciones, ensayos y verificaciones, requieran estar en tensión.
- Trabajos en instalaciones cuyas condiciones no permitan dejarlas sin suministro eléctrico.

La realización de trabajos en tensión deberá ajustarse a los procedimientos que se detallan a continuación, dependiendo de las características de la instalación.

- **Procedimiento en la manipulación de Motores Eléctricos**

Para maniobrar en un motor eléctrico o generador se debe comprobar que:

- La máquina está completamente parada,
- Están desconectadas las alimentaciones,
- Los bornes están en cortocircuito y a tierra,
- La protección contra incendios está bloqueada y que
- La atmósfera no es nociva, tóxica o inflamable.

- **Procedimiento de manipulación de condensadores**

Los condensadores se deben descargar antes de iniciar los trabajos y siempre que sea posible se deben utilizar condensadores de baja capacidad.

2.5 Revisión de normativa para la elaboración de diagramas eléctricos.

2.5.1 Introducción a los esquemas eléctricos

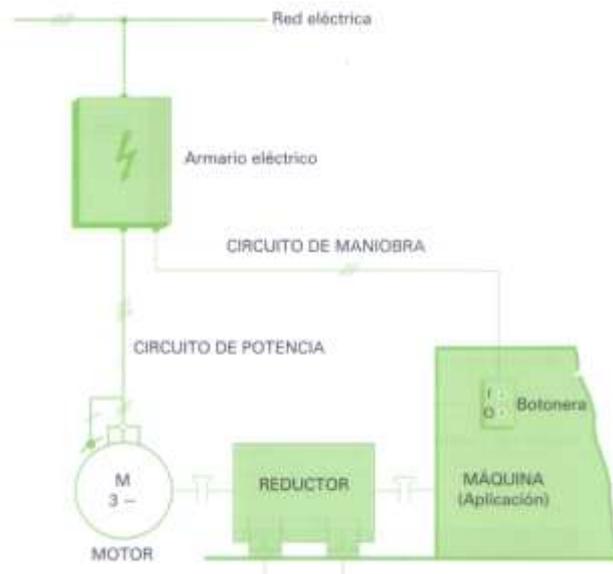
³¹La aplicación de la electricidad precisa de aparatos (aparamenta) y de conductores que se recogen en esquemas eléctricos confeccionados a base de símbolos.

Toda instalación eléctrica termina en un receptor.

Se define como instalación eléctrica, al conjunto de aparatos y de circuitos asociados, en previsión de un fin particular: producción, conversión, transformación, transmisión, distribución ó utilización de la energía eléctrica. Véase figura 2.21.

³¹ ROLDÁN José, *Automatismos Industriales*, 1^{ra}. Edición, Editorial Paraninfo, Madrid-España, 2009

FIGURA 2.21: SINÓPTICO DE UNA MÁQUINA ACCIONADA POR ELECTRICIDAD



Fuente: ROLDAN José, Automatismos Industriales, 2009

En esta obra se estudian las instalaciones destinadas preferentemente a aplicaciones industriales y terciarias, aunque no debemos olvidar las instalaciones para la vivienda y edificios en general.

Los edificios de viviendas y otros usos, además de las instalaciones domésticas, tienen otras instalaciones generales para el accionamiento de montacargas, ascensores, bombas, instalaciones contra incendios, aspiración, calefacción centralizada, puertas, etc.

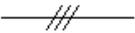
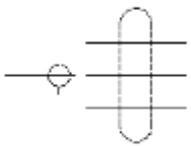
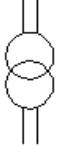
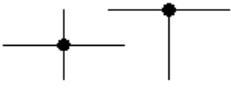
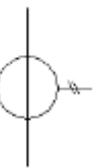
La interpretación de los esquemas es básica para el electricista que confecciona los cuadros eléctricos del tipo que sea.

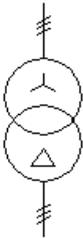
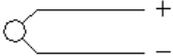
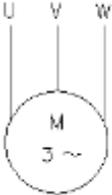
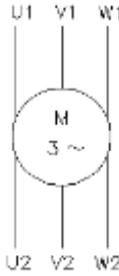
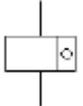
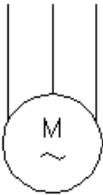
Es necesario que el técnico electricista tenga buenos conocimientos de:

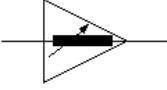
- La aparatenta Eléctrica
- Simbología Eléctrica
- Tecnología Eléctrica
- Interpretación de esquemas (Planos Eléctricos)
- Confección de esquemas

2.5.2 Símbolos eléctricos

TABLA 2.5: SÍMBOLOS ELÉCTRICOS

SÍMBOLO	DESIGNACIÓN	SÍMBOLO	DESIGNACIÓN
	Corriente alterna (C.A.)		Puesta a tierra
	Corriente continua (C.A.)		Puesta a masa
	Corriente ondulada ó rectificada		Tierra de protección
	Conductor	+ -	<ul style="list-style-type: none"> • Polo positivo • Polo negativo
L1 ——— L2 ——— L3 ———	Línea trifásica		Voltímetro
	Línea trifásica Representación unifilar		Amperímetro
	Conductor neutro		Frecuencímetro
	Conductores blindados (apantallados)		Transformador monofásico de tensión
	Cruce de conductores sin conexión		Autotransformador
	Cruce de conductores con conexión		Transformador de intensidad
	Borna de conexión		

	<p>Transformador trifásico de dos devanados estrella $\lambda - \Delta$ Ejemplo: 50000/ 5000V 5000kVA, 60Hz 7.5% de tensión de corto circuito</p>	<p>MAQUINAS ELÉCTRICAS GIRATORIAS (MOTORES ELÉCTRICOS)</p>	
	<p>Par termoelectrico</p>		<p>Motor asincrono trifásico con rotor en jaula de ardilla. Símbolo general. Sin indicación de la conexión del bobinado, que podrá ser estrella (λ) o triángulo (Δ)</p>
	<p>Arrancador automático. Símbolo general</p>		<p>Motor asincrono trifásico con rotor de anillos (bobinados)</p>
	<p>Contador. Símbolo general</p>		<p>Motor asincrono trifásico de dos arrollamiento separados, correspondiendo a cada uno de ellos una velocidad</p>
	<p>Contador de impulsos</p>		<p>Motor monofásico. Símbolo general</p>
	<p>Transductor magnético. Símbolo general</p>	<p>SIMBOLOS DE SEGURIDAD OTROS SÍMBOLOS</p>	

	Amplificador de transductor magnético. Símbolo general		Señal acústica
SÍMBOLOS DE MÁQUINAS			Protección mecánica contra sobrecargas
	Motor eléctrico		Peligro, tensión
	Bomba. Símbolo general		Precaución
			Interruptor general
			Reajuste de variables

Fuente: ROLDAN José, Automatismos Industriales, 2009

Elaborado por: Los Autores

2.5.3 Esquemas Eléctricos para aplicaciones residenciales y comerciales

Existen diferentes tipos de esquemas eléctricos entre ellos tenemos:

- Esquema Multifilar
- Esquema Funcional
- Esquema Unifilar
- Esquema de Emplazamiento o de Alzado
- Esquema General

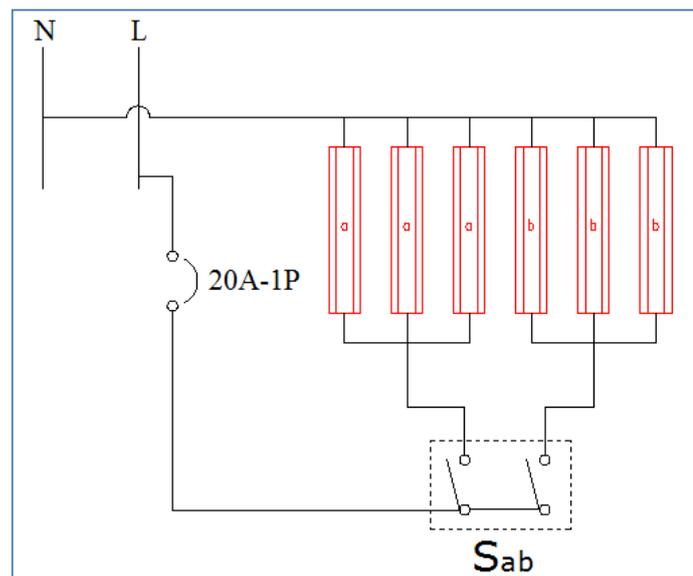
Un esquema eléctrico corresponde al dibujo de las instalaciones eléctricas de un circuito utilizando una simbología sencilla y uniendo las diferentes partes del circuito mediante líneas que representan los cables.

2.5.3.1 Esquema Multifilar

Es el más utilizado ya que es la forma más clara y sencilla al interpretar el funcionamiento de un circuito ó instalación eléctrica.

En este tipo de esquemas están representados todos los aparatos eléctricos, así como los cables que los conectan teniendo en cuenta la relación eléctrica que guardan entre sí, pero sin tener en cuenta para nada la situación real de los mismos, ya que solamente serviría para complicar el dibujo. Véase figura 2.22.

FIGURA 2.22: REPRESENTACIÓN ESQUEMA MULTIFILAR

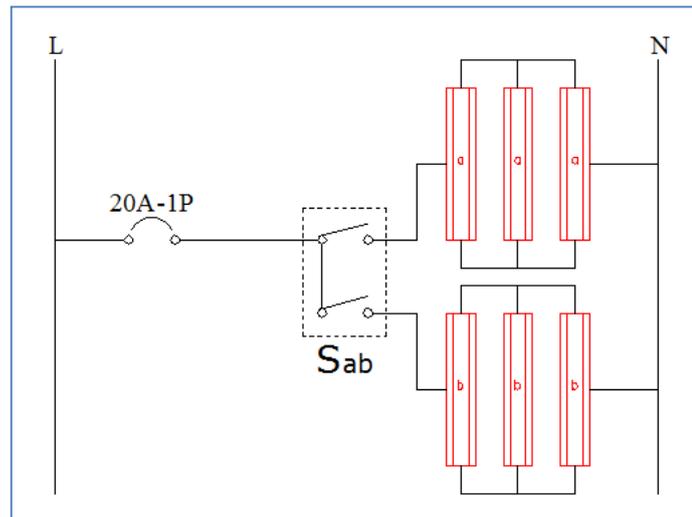


Fuente: Los Autores

2.5.3.2 Esquema Funcional

Este tipo de esquema se puede dibujar en forma de columnas horizontales como verticales, deben situarse los símbolos que representan los distintos aparatos, de tal forma que se eviten en lo posible los cruces entre las líneas que representan los cables eléctricos para que la interpretación del esquema sea clara. Son muy utilizados en los circuitos de control y fuerza. Véase figura 2.23.

FIGURA 2.23: REPRESENTACIÓN ESQUEMA FUNCIONAL HORIZONTAL



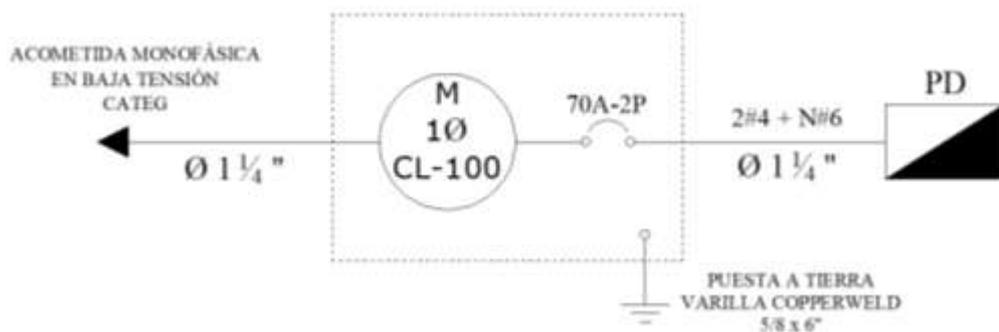
Fuente: Los Autores

2.5.3.3 Esquema Unifilar

Son las representaciones más elementales de un circuito eléctrico. Se suelen emplear cuando la instalación es muy sencilla, o cuando esta tiene circuitos semejantes que funcionan simultáneamente.

En este tipo de esquemas los conductores y aparatos idénticos, como se observa en la figura 2.24 se representan dibujando uno solo de ellos y añadiéndole tanta rayitas oblicuas o inclinadas como número de ellos contenga la instalación.

FIGURA 2.24: ESQUEMA UNIFILAR



Fuente: Los Autores

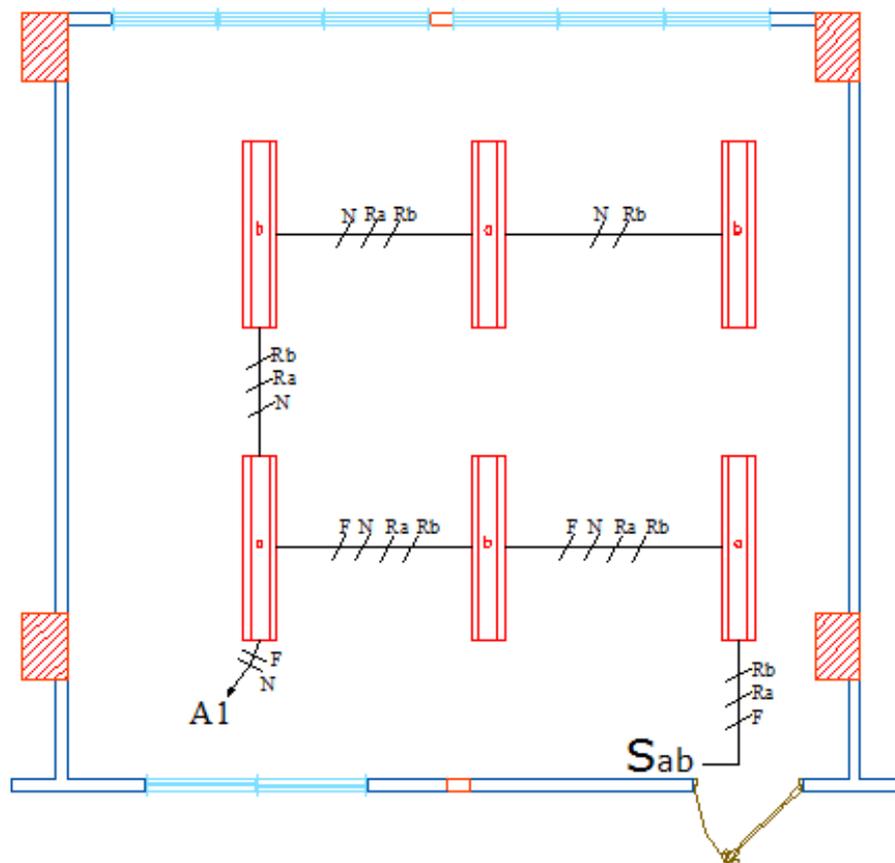
2.5.3.4 Esquema de Emplazamiento o de Alzado

En este tipo de esquema se emplea una simbología especial, es muy sencillo que junto con las canalizaciones y distribución de los circuitos eléctricos se dibujan sobre el plano de planta arquitectónica, sobre el cual se diseña los circuitos de alumbrado, circuitos de tomacorrientes, circuitos de climatización, circuitos especiales, etc.

El plano de planta se suele dibujar a escala, permitiendo de esta manera que se esquematice instalaciones de tipo residencial, comercial e industrial.

Estos planos son utilizados en las construcciones para ubicar adecuadamente las distintas cajas, tuberías, cableado, salidas eléctricas, etc. Véase figura 2.25.

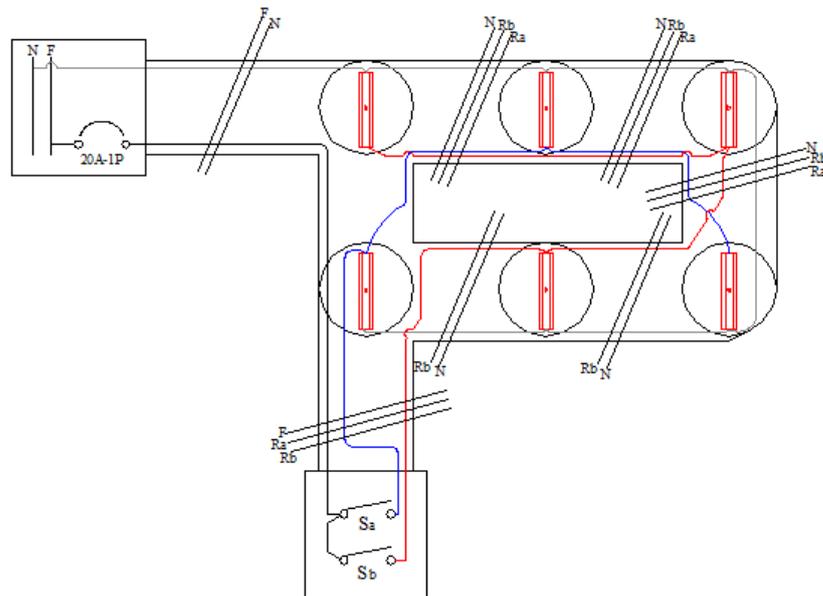
FIGURA 2.25: ESQUEMA DE EMPLAZAMIENTO O DE ALZADO



Fuente: Los Autores

2.5.3.5 Esquema General

FIGURA 2.26: ESQUEMA GENERAL



Fuente: Los Autores

2.5.4 Código de colores para conductores eléctricos

TABLA 2.6: CÓDIGO DE COLORES PARA CONDUCTORES ELÉCTRICOS

SISTEMA	FASE A	FASE B	FASE C	NEUTRO
MONOFÁSICO (120/240V)	Negro	Rojo o Azul	N/A	Gris o Blanco
TRIFÁSICO DELTA (120/240V)	Negro	Naranja	Azul	Gris o Blanco
TRIFÁSICO ESTRELLA (120/208V)	Negro	Rojo	Azul	Gris o Blanco
TRIFÁSICO ESTRELLA (277/480V)	Café	Naranja	Amarillo	Gris o Blanco
OTROS				
CONDUCTOR DE ATERRIZAMIENTO DE EQUIPOS	Verde o verde con línea amarilla			
CONDUCTORES SUBTERRÁNEOS	Cualquier color excepto verde, blanco o gris			
CONDUCTOR DE NEUTRO	Blanco o gris			

Fuente: NEC, NATIONAL ELECTRIC CODE, 2006

Elaborado por: Los Autores

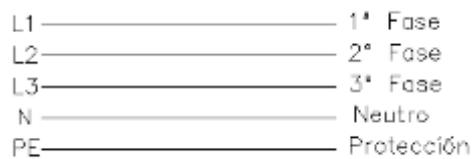
2.5.5 Marcado de Redes y Aparatos Eléctricos

En circuitos de potencia y auxiliares

Resumen de marcas de bornas en los principales aparatos eléctricos utilizados en los circuitos.

1. Redes eléctricas

FIGURA 2.27: RED TRIFÁSICA CON NEUTRO



Fuente: ROLDAN José, Automatismos Industriales, 2009

2. Fusibles de protección

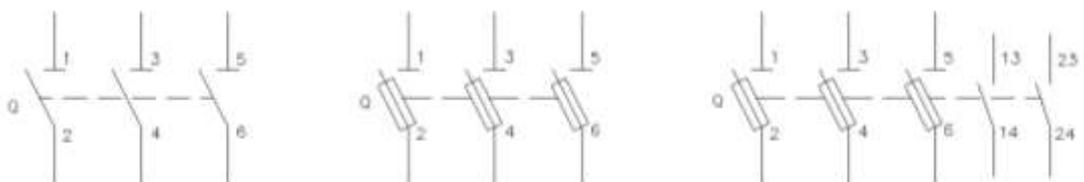
FIGURA 2.28: RED TRIFÁSICA CON FUSIBLES DE PROTECCIÓN



Fuente: ROLDAN José, Automatismos Industriales, 2009

3. Seccionadores

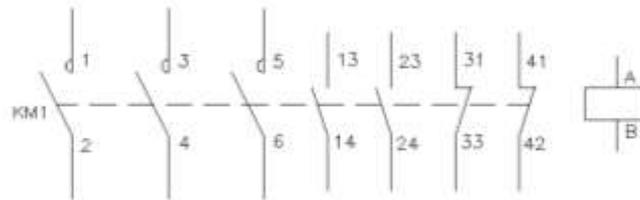
FIGURA 2.29: PRESENTACIÓN DE SECCIONADORES



Fuente: ROLDAN José, Automatismos Industriales, 2009

4. Contactor Tripolar

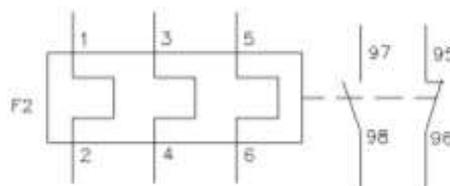
FIGURA 2.30: CONTACTOR CON CONTACTOS AUXILIARES



Fuente: ROLDAN José, Automatismos Industriales, 2009

5. Relés térmicos

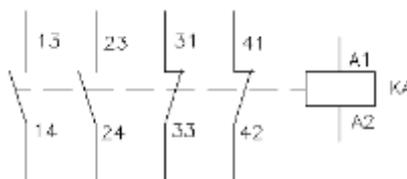
FIGURA 2.31: TÉRMICO Y CONTACTOS AUXILIARES



Fuente: ROLDAN José, Automatismos Industriales, 2009

6. Relés auxiliares

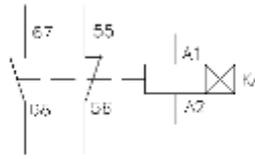
FIGURA 2.32: RELÉ AUXILIAR CON VARIOS CONTACTOS



Fuente: ROLDAN José, Automatismos Industriales, 2009

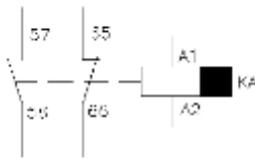
7. Temporizadores

FIGURA 2.33: TEMPORIZADOR A LA CONEXIÓN (AL TRABAJO)



Fuente: ROLDAN José, Automatismos Industriales, 2009

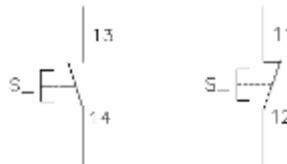
FIGURA 2.34: TEMPORIZADOR A LA DESCONEXIÓN (REPOSO)



Fuente: ROLDAN José, Automatismos Industriales, 2009

8. Pulsadores

FIGURA 2.35: PULSADORES



Fuente: ROLDAN José, Automatismos Industriales, 2009

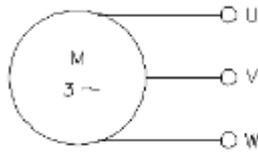
FIGURA 2.36: FINES DE CURSO



Fuente: ROLDAN José, Automatismos Industriales, 2009

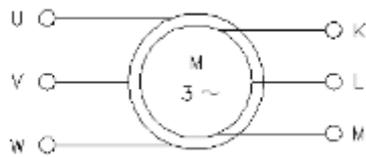
9. Bornas de los motores

FIGURA 2.37: MOTOR TRIFÁSICO CON ROTOR EN CORTO CIRCUITO



Fuente: ROLDAN José, Automatismos Industriales, 2009

FIGURA 2.38: MOTOR TRIFÁSICO CON ROTOR BOBINADO



Fuente: ROLDAN José, Automatismos Industriales, 2009

2.5.6 Documentos Técnicos Eléctricos

2.5.6.1 Relación de diferentes documentos Técnicos Eléctricos

2.5.6.1.1 Esquemas de potencia

Corresponden a la representación de los aparatos y circuitos de potencia a través de los cuales se alimentan los aparatos receptores y los conductores que los unen (fusibles, interruptores, interruptores automáticos, relés de protección, motores, resistencias, lámparas de alumbrado, etc.).

2.5.6.1.2 Esquemas de maniobra

Corresponden a la representación de los dispositivos, mediante los cuales se pilotan y controlan los elementos del circuito de potencia y con ellos los circuitos y receptores (electroimanes, diversos, relés, pulsadores, fines de curso, detectores, dispositivos de protección y otros).

2.5.6.1.3 Esquema general de conexiones

Corresponde a la unión en un mismo esquema de los circuitos de potencia y maniobra. Se trata de un esquema poco utilizado, tan solo cuando se trata de esquemas sencillos y de fácil seguimiento de sus conductores.

Cuando los circuitos son complejos, resulta muy difícil resumir con claridad este tipo de esquemas.

El esquema general de conexiones debe ejecutarse con una disposición de elementos y trazado de conductores que sea lo más parecido a la realidad.

En esta obra hace uso de este tipo de esquema para que el estudio de esta materia se aproxime a la realidad práctica de las instalaciones eléctricas, tanto en lo que se refiere a los cuadros eléctricos, como a la instalación de sus aparatos de potencia y maniobra.

2.5.6.1.4 Esquemas de conexiones

Esquemas mediante los cuales los instaladores marcan los cables, aparatos, borneros, con los que se realizan las conexiones. También facilitan el mantenimiento y modificaciones posteriores de los circuitos.

2.5.6.1.5 Listado de materiales

Listado en el que entran todos los aparatos y materiales, con sus características. También se puede denominar al listado como una nomenclatura de materiales.

2.5.6.1.6 Noticias técnicas

Esta información puede referirse a los aparatos eléctricos, receptores, puesta en marcha, conservación y todo aquello que ayude a asegurar la mejor marcha y conservación de la instalación.

2.5.6.1.7 Archivo y conservación de la documentación

El archivo de documentación, su conservación y disponibilidad resulta imprescindible en toda instalación, por sencilla y simple que parezca. Disponer en todo momento de la documentación facilitara la conservación de la instalación, la rápida reparación en caso de avería y las modificaciones o adaptaciones que convenga realizar.

2.5.6.1.8 Pasta al día de la documentación

La documentación de una máquina, aparato, proceso, etc., debe estar siempre al día, es decir reflejando el contenido real de la misma.

Cualquier modificación que se haya realizado en los materiales o el esquema, deberá reflejarse en toda la documentación afectada.

2.6 Conceptos del Método Cuantitativo de Análisis de Riesgo

2.6.1 Identificación y valoración de Factores de Riesgo

³²Esta parte tiene por objeto dar parámetros en la elaboración del panorama de factores de riesgo en las instalaciones del Bloque B que se está analizando, incluyendo la identificación y valoración cualitativa de los mismos. Para el desarrollo de la identificación y valoración de Riesgos en la mencionadas instalaciones debemos tener claras algunas definiciones.

Factor de Riesgo: es todo elemento cuya presencia o modificación, aumenta la probabilidad de producir una daño a quien está expuesto a él.

Factores de Riesgo Eléctricos: se refiere a los sistemas eléctricos de las máquinas, los equipos que al entrar en contacto con las personas o las instalaciones y materiales pueden provocar lesiones a las personas y daños a la propiedad.

³² CALLE, Henry, y CASTILLO, Patricio, *Evaluación y Prevención de Riesgos Eléctricos en una Subestación*, Tesis ESPOL Facultad de Ingenierías de Electricidad y Computación, Guayaquil, 2010

Enfermedad Profesional: todo estado patológico permanente o temporal que sobrevenga como consecuencia obligada y directa de la clase de trabajo que desempeña el trabajador, o del medio en que se ha visto obligado a trabajar, y que haya sido determinada como enfermedad profesional.

Factores de Riesgo Químico: toda sustancia orgánica e inorgánica, natural o sintética que durante la fabricación, manejo, transporte, almacenamiento o uso, puede incorporarse al aire ambiente en forma de polvos, humos, gases o vapores, con efectos irritantes, corrosivos, asfixiantes o tóxicos y en cantidades que tengan probabilidades de lesionar la salud de las personas que entran en contacto con ellas.

Factores de Riesgos Locativos: condiciones de las instalaciones o áreas de trabajo que bajo circunstancias no adecuadas pueden ocasionar accidentes de trabajo o pérdidas para la empresa.

Factor de Riesgo por Higiene se puede definir como el riesgo que se presenta al realizar un trabajo en condiciones no adecuadas (lugar, equipos de protección personal), que puede influenciar sobre la salud de la persona al estar expuesto a un proceso industrial, por cierto tiempo, donde interviene la presencia de sustancias químicas tóxicas (Polvo, pequeñas partículas de material plástico molido).

2.6.2 Valoración de Factores de Riesgo

En el trabajo de Análisis de Riesgos, uno de los aspectos más complejos es la valoración de los riesgos identificados.

Para este caso vamos a emplear el de Método de la Valorización FINE.

CAPITULO III

3 ANÁLISIS DEL BLOQUE B

3.1 Metodología

El presente trabajo de tesis utilizará la técnica experimental descriptiva que a su vez utiliza el método de análisis de resultados, donde se podrá caracterizar un objeto de estudio o una situación concreta, señalar sus características y propiedades. Combinada con ciertos criterios de clasificación sirve para ordenar, agrupar o sistematizar los objetos involucrados en el trabajo indagatorio.

También se utilizará la técnica experimental explicativa, que requiere la combinación de los métodos analíticos y sintéticos, en conjugación con el deductivo y el inductivo, de esta manera se trata de responder o dar cuenta de los porqué del objeto que se investiga.

El trabajo de tesis en el levantamiento de información utilizó la técnica experimental descriptiva, se analizó concreta y detalladamente la situación eléctrica del Bloque B, se aplicó la observación, medición, entrevista, encuesta, test, cálculos, registros fotográficos.

3.1.1 Diseño de la propuesta

El estudio propuesto se adecuó a los propósitos de la investigación descriptiva. En función de los objetivos definidos en el presente estudio, donde se plantearon los análisis a efectuar.

Ubicado dentro de la modalidad de los puntos denominados factibles se emplearon una serie de instrumentos y técnicas de recolección de información. Para ello hubo que cumplir con tres etapas, la primera está referida con la delimitación del objeto de estudio y la elaboración del marco teórico, la segunda etapa implicó la realización de la evaluación del trabajo y la tercera etapa correspondió a proponer mejoras para la Reingeniería del Bloque B.

3.1.2 Los instrumentos de recolección de información

Para el desarrollo de este trabajo fue necesario utilizar herramientas que permitieron recolectar el mayor número de información necesaria, con el fin de obtener un conocimiento más amplio de la realidad de la problemática. Por la naturaleza del estudio se requirió la recopilación documental, que se trata de los acopios de antecedentes relacionados con la investigación. Para tal fin se consultaron documentos escritos formales e informales, también se usó la observación directa y las entrevistas, las cuales complementarán las tres evaluaciones que se emplearon.

Población y Muestra

Población: la población que sirvió como objeto para el estudio de investigación fueron los estudiantes de la Universidad Politécnica Salesiana, siendo los usuarios de las instalaciones del Bloque B.

El Bloque B está compuesto por diferentes zonas, pero para efecto de esta investigación se seleccionaron puntos de trabajo en tres zonas, con el fin de evidenciar en cada análisis, resultados de diferente índole. La selección de los puntos de trabajo se basó en las diferentes áreas que posee el bloque B, estas son:

- Aulas de Clases
- Laboratorios
- Cuarto de Transformador de Distribución

3.1.3 Fases metodológicas

Fase I

Se basa en la descripción de los puntos de trabajo; el cual consistió en obtener toda la información referida acerca de los puntos de trabajo.

Se utilizaron como herramientas las siguientes técnicas de investigación:

- La observación directa con la finalidad de visualizar el método de trabajo del estudiante, las manipulación de los equipos e instalaciones que poseen los laboratorios, entre otras.
- Entrevistas al Docente encargado de los Laboratorios, el cual es el que está directamente involucrado con el mismo, y es el indicado en ofrecer la información requerida para nuestro estudio.

Fase II

Se basa en la selección de las herramientas de evaluación que sirvieron para diagnosticar el nivel de riesgo eléctrico, dichas herramientas son:

- El método “FINE”, que nos sirve para diagnosticar si existe factores de riesgo en el Bloque B
- Método de Medición de Puesta a Tierra el mismo que se realizó empleando el dispositivo FLUKE 1623 EARTH / GROUND TESTER
- Análisis de Calidad de Energía empleando el dispositivo FLUKE 435 POWER QUALITY ANALYZER

Fase III

Se basa en la generación de propuestas de mejoras para los sitios evaluados.

La generación de alternativas de mejoras se realizó con el estudio de las evaluaciones anteriormente mencionadas, tomando en cuenta las medidas estándares adecuadas para su correcto funcionamiento.

Fase IV

Se basa en el desarrollo de estrategias que permitan minimizar el impacto de los riesgos eléctricos.

Una vez identificados los riesgos eléctricos presentes en los puntos de trabajo seleccionados, se desarrollaron estrategias para minimizar el impacto de los riesgos que se encuentran en el nivel más desfavorable para la seguridad de los usuarios.

3.2 Situación actual del Bloque B

3.2.1 Introducción

El desarrollo del presente apartado está destinado al levantamiento de información de las instalaciones eléctricas del bloque B, se realizará una evaluación exhaustiva de las condiciones operacionales del sistema eléctrico del edificio en estudio, determinado lo necesario de realizar en diversas obras, las cuales están dirigidas a reducir los niveles de riesgo y pudiéndose incorporar las nuevas cargas sin ocasionar problemas secundarios desde el punto de vista eléctrico.

Por tal razón, y con el objeto de llevar a cabo un plan debidamente diseñado y con el soporte técnico apropiado, se ha decidido realizar un estudio técnico que, aparte de definir con exactitud las mejoras necesarias en el sistema eléctrico, también sirva de guía para la programación de los trabajos requeridos en el corto y mediano plazo, en función de las prioridades que se establezcan en el Edificio Bloque B, de la Universidad Politécnica Salesiana.

3.2.2 Generalidades

El edificio bloque B, de la Universidad Politécnica Salesiana, se encuentra ubicado en la provincia del Guayas, en el cantón Guayaquil, en la Avenida Laura Vicuña 205 y Chambers.

La función principal de este edificio es dar cavidad a estudiantes universitarios y profesores para que los mismos impartan sus conocimientos en el establecimiento.

Para realizar esta actividad el edificio cuenta con aulas de clases, diferentes tipos de laboratorios técnicos, oficinas administrativas y campos para juegos recreativos (cancha de uso múltiple).

3.2.3 Descripción del estado actual de las instalaciones eléctricas del Bloque B

Con la finalidad de facilitar la comprensión de los detalles que definen el alcance del presente tema de tesis, se ha considerado conveniente hacer una descripción de la situación actual del sistema eléctrico del edificio del bloque B, en cada uno de sus componentes, para sobre la base de las desviaciones técnicas encontradas, plantear la situación propuesta por el proyecto incluyendo las nuevas cargas a instalar.

El edificio se encuentra actualmente en un estado operativo, pero presenta ciertas desviaciones técnicas que pueden dar lugar a accidentes que afecten a la propiedad o a las personas encargadas de las funciones de operación y mantenimiento, principalmente si no se toman acciones correctivas para eliminar las condiciones riesgosas existentes.

3.2.4 Acometida a 13.8 KV desde la Empresa Eléctrica de Guayaquil.

En la **fotografía 3.1** se observa la acometida actual, se toma a nivel de 13.8 KV desde la red de distribución de la Empresa Eléctrica que presta servicio al sector. En el poste de arranque (P1) de la acometida se tienen instalados los siguientes equipos:

FOTOGRAFÍA 3.1: ACOMETIDA 13.8KV EMPRESA ELÉCTRICA GUAYAQUIL



Fuente: Los Autores

- Tres cajas porta fusibles de 100 A – 15 KV, para protección de sobre corriente de toda la planta a nivel de 13.8 KV con tira fusibles. Ver **fotografía 3.2**.

FOTOGRAFÍA 3.2: VISTA DE TIRAFUSIBLE 25 A



Fuente: Los Autores

- La acometida en media tensión está compuesta por tres conductores #2 de 15KV, uno por fase. (3#2XLPE).
- La acometida ingresa al cuarto de transformación por medio de una tubería rígida de 4", con su respectivo reversible y accesorios de fijación. Detalles del poste (P1) en plano de "**Implantación General**" ver **Lámina 1** en la sección de anexos "**Planos de Implantación**"

3.2.5 Cuarto de transformación

Más adelante, del poste de arranque en la parte trasera del bloque B, se encuentra el cuarto de transformación, que está construido con paredes de hormigón y columnas de hormigón armado, y posee las siguientes dimensiones 300x385x380 cm. de alto, ancho y profundidad, posee una compuerta de entrada doble hoja de 200cm de altura construida con plancha metálica de 1/16" de espesor con abatimiento hacia el afuera cumpliendo la norma NEC 450.43. Ver **fotografía 3.3**.

FOTOGRAFÍA 3.3: CUARTO DE TRANSFORMACIÓN



Fuente: Los Autores

En este cuarto de transformación se encuentran instalados los siguientes equipos:

- Transformador Trifásico de distribución de 500 KVA con conexión delta – estrella (DY5). Ver **fotografía 3.4**.

FOTOGRAFÍA 3.4: TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCIÓN 500KVA



Fuente: Los Autores

El equipo posee las siguientes características:

TABLA 3.1: DATOS DE PLACA DE TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCIÓN

TRANSFORMADOR			
MARCA	INATRA		
PROCEDENCIA	GUAYAQUIL - ECUADOR		
SERIE	080618893	AÑO	1995
VOLTAJE PRIMARIO	13.2 KV	VOLTAJE SECUNDARIO	208 V
POSICIÓN DEL CONMUTADOR	1	13860 V	
	2	13530 V	
	3	13200 V	
	4	12870 V	
	5	12540 V	
CORRIENTE PRIMARIA	21.87 A	CORRIENTE SECUNDARIA	1388 A
POTENCIA NOMINAL	500 KVA		
NÚMERO DE FASES	3		
FREC. EN HERTZ	60 HZ		
CLASE DE AISLAMIENTO	Ao		
NIVEL DE AISLAMIENTO	118 KV		
CONEXIÓN	Dy 5		
VCC%	4.82 %		
ACEITE	MINERAL		
VOLUMEN DE ACEITE	470 lt.		
TEMP. AMBIENTE	30 °C		
PESO TOTAL	1800 Kg		
ALTITUD MT.	3000		
REFRIGERACIÓN	ONAN		

Elaborado por: Los Autores

- Un Medidor polifásico socket, electrónico, de 4 hilos, CI-20, polivoltaje, con su base socket trifásica de 20 amperios para medición con transformadores de corriente de 13 terminales, ubicado afuera del cuarto de transformación, dentro de un tablero o gabinete eléctrico construido en plancha metálica de 1.5 mm (1/16") de espesor, está protegido con pintura anticorrosiva y posee las siguientes dimensiones 70x40x25 cm. de alto, ancho y profundidad respectivamente y está construido con una puerta de acceso a la base (socket), según lo indica el código NATSIM. Ver **fotografía 3.5**.

FOTOGRAFÍA 3.5: MEDIDOR POLIFÁSICO CLASE 20



Fuente: Los Autores

- Tres transformadores de corriente tipo toroidales, con una relación de transformación de 400A – 5, ubicados dentro de una caja metálica instalada por la Empresa Eléctrica de Guayaquil. Ver **fotografía 3.6**.

FOTOGRAFÍA 3.6: TRANSFORMADORES DE CORRIENTE



Fuente: Los Autores

- A la salida del transformador a nivel de 208V (Baja Tensión), se encuentra instalada una acometida constituida por doce cables de cobre aislamiento TTU #500MCM, para las fases, cuatro cables de cobre aislamiento TTU #250MCM, para Neutro y un cable de cobre desnudo #4/0 AWG, para Tierra. (3(4#500MCM)+4N#250MCM+T4/0 AWG (desnudo)). Esta acometida conecta el transformador de distribución al Tablero de Distribución Principal TDP. Ver **fotografía 3.7**.

FOTOGRAFÍA 3.7: ACOMETIDA DE TRANSFORMADOR HACIA TDP



Fuente: Los Autores

- La acometida antes mencionada viaja a través de una parrilla portacables, de ancho 40 cm, hecha con ángulos metálicos de hierro negro de 2 mm de espesor, y pintados con pintura anticorrosiva color negro. Ver **fotografía 3.8**.

FOTOGRAFÍA 3.8: ACOMETIDA DE TRANSFORMADOR SOBRE PARRILLA PORTACABLES



Fuente: Los Autores

- Dentro del cuarto de transformación se puede encontrar también un sistema de puesta a tierra, realizado con varillas copperweld de 6", del cual los detalles se los mencionara más adelante en el apartado 3.5 .

Las principales observaciones realizadas a esta parte del sistema se dan a conocer a continuación:

a) **Observaciones del recinto del cuarto de distribución.**

- La acometida principal de media tensión no cuenta con pararrayos de distribución, por lo que el sistema se encuentra desprotegido contra sobre voltajes producidos por diferentes circunstancias.
- Puerta metálica corroída debido al ambiente.
- Partes vivas expuestas, peligro de electrocución a las personas que ingresan a la subestación energizada.
- Construcción inapropiada para alojamiento de transformadores, no existen rieles para movilización del transformador en caso de daño para retiro inmediato.
- Se debe mejorar la comunicación visual para advertencia de riesgo eléctrico.
- No existe iluminación en su interior.
- No existe un extintor de incendios junto a la puerta de ingreso.
- No existe una caja de revisión para medición de resistencia de la malla de puesta a tierra.
- Posee un solo acceso, y las normas internacionales indican que debe tener doble acceso para no quedar atrapados en caso de incendio.

b) **Observaciones en el transformador de distribución.**

En la **fotografía 3.9**, se puede apreciar las siguientes observaciones:

FOTOGRAFÍA 3.9: INTERIOR DEL CUARTO DE TRANSFORMACIÓN



Fuente: Los Autores

- Partes vivas expuestas a nivel de 13.8 KV. Debe prohibirse el ingreso cuando la subestación esté energizada.
- Necesidad de mantenimiento periódico de los transformadores y demás equipos que conforman la subestación.
- No se ha previsto un foso colector de aceite, para casos de potenciales derrames.
- No existen procedimientos seguros de trabajo para maniobras como desconexión de tira fusibles. No se aplican las 5 reglas de oro para trabajos eléctricos.
- La puesta a tierra de las partes metálicas de la subestación no está técnicamente bien ejecutada.
- A continuación se puede apreciar en el plano de implantación "**Cuarto de Transformador de Distribución**" **Lámina 8** (en la sección de anexo), todo lo mencionado anteriormente.

- Además se puede observar en los **diagramas unifilares** ubicados en los anexos, específicamente en la **hoja 6**, el detalle eléctrico de las acometidas de media tensión y de baja tensión.

3.2.6 Tableros eléctricos

Luego de revisar el cuarto de transformación, la acometida llega al tablero de distribución principal, y de ahí a los sub tableros y paneles, para así llegar a las cargas finales.

3.2.6.1 Tablero de Distribución Principal

El tablero de distribución principal es alimentado de los bornes del secundario del Transformador de Distribución INATRA y se encuentra ubicado fuera del cuarto de distribución en el parqueadero del colegio del Domingo Comín. Este tablero proporciona protección a diferentes cargas tanto las del edificio Universitario Bloque B, así como ciertas cargas del edificio del Colegio Técnico Domingo Comín.

FOTOGRAFÍA 3.10: TABLEROS DE DISTRIBUCIÓN TDP y TDP-BLOQUE B



Fuente: Los Autores

Este tablero está compuesto por dos módulos, el primer modulo (**TDP**) 190x110x40 cm. de alto, ancho y profundidad, pintado con pintura electrostática color gris, el siguiente modulo (**TDP-BLOQUE B**), es de menor tamaño, 100x110x40 cm. de alto, ancho y profundidad, y pintado del mismo color. Ver **fotografía 3.10**.

La protección principal de este tablero eléctrico es un disyuntor termo magnético caja moldeada de 1600A-3P, marca Schneider Electric, modelo Compact NS1600N. Internamente tiene unas barras de cobre para distribución de 2” de ancho por ¼” de profundidad. Ver **fotografía 3.11**.

FOTOGRAFÍA 3.11: DISYUNTORES DE TDP



Fuente: Los Autores

Internamente este tablero tiene disyuntores termo magnéticos, para la protección y distribución de energía a diferentes cargas que incluyen todos los tableros eléctricos que distribuyen energía al edificio bloque B, de los cuales vamos a detallar posteriormente, un tablero de arranque para la bomba de agua del Colegio Técnico Domingo Comín, así como paneles de distribución para algunas aulas y centrales de aire del mismo colegio, y finalmente protege el tablero de distribución del área de Preescolar. Esta información así como de las acometidas a las diferentes cargas que distribuye este tablero se las puede apreciar en detalle en los **diagramas unifilares** ubicados en los anexos, específicamente en la **hoja 7** y **hoja 8**.

Observaciones al Tablero de Distribución Principal

- Tablero en mal estado. Corrosión general, sin un índice de protección mínimo contra polvo y humedad.

- Posibilidad de entrada de animales al interior del tablero. Riesgo de cortocircuito e incendio.
- Terminales de conexión oxidados.
- Partes “vivas” expuestas.
- Falta de señalización e identificación.
- No se indica el voltaje de operación del tablero.
- Perforaciones en tablero para tendido de cables, de forma no – técnica.
- Sin cuarto de baja tensión en caso de incendio no habría manera aislar el fuego.
- Al no encontrarse en un cuarto de baja tensión, existe la posibilidad de que personal no autorizado, pueda operar el tablero y por ende causar incidentes graves.

3.2.6.2 Sub-tableros de Distribución del Bloque B

Como se mencionó en el punto anterior el tablero de distribución principal TDP, alimenta todos los Sub-tableros que contienen todas las cargas del bloque B como se puede apreciar en los **diagramas unifilares** ubicados en los anexos, específicamente en la **hoja 7 y hoja 8**.

Estos tableros por su tipo de carga se los puede calificar en tres tipos:

- Tableros de distribución de Centrales de Aire:
 - TD1-PISO #1
 - TD2-PISO #1
 - TD1-PISO #2
 - TD2-PISO #2

- Tablero de distribución de Laboratorios:
 - TD-PISO #3
- Tablero de distribución de cargas generales (Alumbrado, y tomas generales):
 - TD-PB

3.2.6.2.1 Tableros de distribución de Centrales de Aire. – TD1-PISO #1, TD2-PISO #1, TD1-PISO #2, TD2-PISO #2.

Desde el tablero de distribución principal, exactamente de los disyuntores Q6, Q2, Q4 y Q5, del modulo dos (**TDP-BLOQUE B**), arrancan las acometidas a los tableros TD1-PISO #1, TD2-PISO #1, TD1-PISO #2, TD2-PISO #2, respectivamente, como se aprecia en los **diagramas unifilares** ubicados en los anexos, en la **hoja 8**.

Cada tablero de distribución de las centrales de aire tiene acometidas diferentes que se pueden apreciar también en los diagramas unifilares, también la capacidad de los disyuntores termo magnéticos, que protegen cada tablero, verificar en las **fotografías 3.12, 3.13, 3.14, 3.15**.

FOTOGRAFÍA 3.12: TD1-PISO #1



FOTOGRAFÍA 3.13: TD2-PISO #1



Fuente: Los Autores

Estos tableros en su diseño constructivo son idénticos son tableros tipo modulares constituidos por 3 módulos, cada uno de 200 cm de alto, 60 cm de ancho y 60 cm de profundidad, con cauchos para evitar entrada de polvo, puertas con bisagras y manijas tipo industriales, una característica muy buena de estos tableros es que tienen una placa metálica que cubre los bornes activos de cada disyuntor principal y

secundario que posee, con esto evita el riesgo de electrocución en el momento de maniobra con dichos equipos, dichos armarios eléctricos están ubicados en los pisos 1 y 2, su ubicación exacta se la puede apreciar en detalle en los planos de implantación “Sistema de Climatización PB, PISO #1, PISO #2 y PISO #3” Lámina 3.2, Lámina 4.2, Lámina 5.2, Lámina 6.2 de la sección de anexos respetivamente.

FOTOGRAFÍA 3.14: TD1-PISO #2



FOTOGRAFÍA 3.15: TD2-PISO #2



Fuente: Los Autores

Estos tableros protegen los equipos de climatización del Edificio del Bloque B, cada aula, laboratorio y oficina del bloque B, posee centrales de aire tipo split marca Goodman Compressor, que están compuestas por un condensador de aire (ubicado a las afueras del edificio) y un evaporador (ubicado dentro de cada aula, laboratorio u oficina), que entre ellos están conectados por un sistema de control, que hace que trabajen a la vez en caso de que la temperatura suba del nivel que estaba programada y la bajan. Cada una de estos equipos está debidamente protegida por un disyuntor termo magnético instalado en los tableros en mención. Las acometidas a estos equipos están debidamente calculadas y se puede apreciar el detalle de las alimentaciones de estos equipos en los **diagramas unifilares** ubicados en los anexos, en las **hojas del 10 a la 17**.

Estas unidades de acondicionamiento de aire, solo tienen dos potencias diferentes en todo el edificio. En la planta baja por ser las aulas más pequeñas en dimensiones, las centrales de aire son de 36000 BTU/hr, mientras que en los pisos 1, 2 y 3 son de 60000BTU/hr.

Datos de Placa Centrales de Aire de 36000 BTU/hr

TABLA 3.2: DATOS DE PLACA DE CENTRAL DE AIRE DE 36000 BTU/hr.

EVAPORADOR.		COMPRESOR.			
CEILING AND FLOOR TYPE AIR CONDITIONER		MODEL:		CKL36-1P	
		VOLTAJE:		208/230V	
		PHASE:	1	HZ:	60
MODEL:	NEO-36SC	FAN MOTOR: FLA 1.5 HP: 1/4			
COOLING CAPACITY:	36000 Btu/hr.	COMPRESOR RLA 14.4 LRA 82			

Elaborado por: Los Autores

Datos de Placa Centrales de Aire de 60000 BTU/hr

TABLA 3.3: DATOS DE PLACA DE CENTRAL DE AIRE DE 60000 BTU/hr.

EVAPORADOR.		COMPRESOR.			
CEILING AND FLOOR TYPE AIR CONDITIONER		MODEL:		CKL60-1PA	
		VOLTAJE:		208/230V	
		PHASE:	1	HZ:	60
MODEL:	MUB-60CR	FAN MOTOR: FLA 1.5 HP: 1/4			
COOLING CAPACITY:	60000 Btu/hr.	COMPRESOR RLA 25 LRA 148			

Elaborado por: Los Autores

La ubicación de las unidades así como del sistema de electro canales que llevan las acometidas y el sistema de control de estas cargas, se lo puede apreciar en detalle en los planos de implantación “**Sistema de Climatización PB, PISO #1, PISO #2 y PISO #3**” Lámina 3.2, Lámina 4.2, Lámina 5.2, Lámina 6.2 de la sección de anexos.

Observaciones encontradas en los Sub Tableros de Distribución de Centrales de Aire. – TD1-PISO #1, TD2-PISO #1, TD1-PISO #2, TD2-PISO #2.

- Tableros en buen estado aunque deja de ver un poco de corrosión general, se recomienda mantenimiento. Ver **fotografía 3.16**.

FOTOGRAFÍA 3.16: VISTA DE TABLERO DE DISTRIBUCIÓN



Fuente: Los Autores

En la **fotografía 3.16** y **3.17** se aprecian las siguientes observaciones:

FOTOGRAFÍA 3.17: PERFORACIONES Y OXIDOS EN TABLEROS DE DISTRIBUCIÓN



Fuente: Los Autores

- Ciertos terminales de conexión oxidados.
- Perforaciones en tablero para tendido de cables, de forma no – técnica.

- Falta de señalización e identificación
- No se indica el voltaje de operación del tablero.

FOTOGRAFÍA 3.18: TABLEROS DE DISTRIBUCIÓN SIN INDICACIÓN DE VOLTAJE



Fuente: Los Autores

- No se encuentra en un cuarto de tableros de baja tensión en caso de incendio no habría manera aislar el fuego.
- Al no encontrarse en un cuarto de baja tensión, existe la posibilidad de que personal no autorizado, pueda operar el tablero y por ende causar incidentes graves.

3.2.6.2.2 Tablero de distribución de Laboratorios. – TD-PISO #3.

Desde el tablero de distribución principal, exactamente del disyuntor Q2, del modulo uno (**TDP**), arrancan la acometida del tablero TD-PISO#3, como se aprecia en los **diagramas unifilares** ubicados en los anexos, en la **hoja 7**.

Este tablero de distribución de los laboratorios tiene una acometida principal de siete conductores 3(2#4/0) THHN + T#1/0 Desnudo, que se pueden apreciar en los diagramas unifilares, así como la capacidad del disyuntor termo magnéticos, que protege el tablero 3P-500A.

En la **fotografía 3.19** se muestra el diseño constructivo del tablero de distribución el cual es de tipo modular constituidos por 2 módulos, cada uno de 200 cm de alto, 60 cm de ancho y 50 cm de profundidad, con cauchos para evitar entrada de polvo, puertas con bisagras y manijas tipo industriales, una característica muy buena de este tablero es que tienen una placa metálica que cubre los bornes activos de cada disyuntor principal y secundario que posee, con esto evita el riesgo de electrocución en el momento de maniobra con dichos equipos, dichos armarios eléctricos están ubicados en el piso 3, su ubicación exacta se la puede apreciar en detalle en los planos de implantación “**Circuito de Tomacorriente Piso #3**” **Lámina 6.1**, en la sección de anexos.

FOTOGRAFÍA 3.19: TABLERO DE DISTRIBUCIÓN TD-PISO #3



FOTOGRAFÍA 3.20: VISTA INTERNA DE TD-PISO #3



Fuente: Los Autores

Este tablero alberga todos los disyuntores termo magnéticos que protegen los paneles de distribución de los laboratorios. Todos estos paneles de breakers se encuentran ubicados en el segundo y tercer piso, ya que en el primer piso no hay laboratorios. La mayoría de estos paneles son marca Square-D. Cada uno de estos paneles está debidamente protegido por un disyuntor termo magnético instalado en los tableros en mención. Las acometidas a estos equipos están debidamente calculadas y se puede apreciar el detalle de las alimentaciones de estos equipos en los **diagramas unifilares** ubicados en los anexos, en la **hoja 9**. Ver **fotografía 3.20**.

Estos paneles de distribución están instalados en cada laboratorio, en ciertos laboratorios por su tamaño o capacidad de carga necesitan hasta dos tableros de distribución.

En el listado adjunto se puede ver el nombre de cada laboratorio existente actualmente en el Bloque B y el nombre de el o los tableros que distribuyen internamente las cargas en cada laboratorio.

Se enfatiza que los paneles de breakers son de dos marcas Square–D y General Electric, y que sus dimensiones y espacios dependen del número de cargas que posean los laboratorios.

Listado de Laboratorios y Paneles de Distribución

TABLA 3.4: LABORATORIOS Y PANELES DE DISTRIBUCIÓN

PISO	LABORATORIO	PANEL DE DISTRIBUCIÓN
3	AUTOMATISMO INDUSTRIAL	PD-LAB. AUT. IND_PISO #3
<p>FOTOGRAFÍA 3.21: LAB. AUT. IND.</p>  <p style="text-align: center;">Fuente: Los Autores</p>		
3	CÓMPUTO #9	PD-LAB. CÓMP.#9_PISO #3
<p>FOTOGRAFÍA 3.22: LAB. CÓMPUTO #9</p>  <p style="text-align: center;">Fuente: Los Autores</p>		

3	SEP	PD-LAB. S.E.P._PISO #3
---	-----	------------------------

FOTOGRAFÍA 3.23: LAB. SEP



Fuente: Los Autores

3	TRANSFORMADORES	PD-LAB. TRAFO_PISO #3
---	-----------------	-----------------------

FOTOGRAFÍA 3.24: LAB. TRANSFORMADORES



Fuente: Los Autores

3	MOTORES Y GENERADORES	<ul style="list-style-type: none"> • PD1-LAB. MOT. y GEN._PISO #3 • PD2-LAB. MOT. y GEN._PISO #3
---	-----------------------	--

FOTOGRAFÍA 3.25: LAB. MOTORES Y GENERADORES



Fuente: Los Autores

3	ALTA TENSIÓN	PD-LAB. A.T._PISO #3
---	--------------	----------------------

FOTOGRAFÍA 3.26: LAB. ALTA TENSIÓN



Fuente: Los Autores

3	FABRICACIÓN FLEXIBLE	PD-LAB. FAB. FLEX_PISO #3
---	----------------------	---------------------------

FOTOGRAFÍA 3.27: LAB. FABRICACIÓN FLEXIBLE



Fuente: Los Autores

3	ELECTRÓNICA ANALÓGICA	<ul style="list-style-type: none"> • PD1-LAB. ELEC. ANALÓG_PISO #3 • PD2-LAB. ELEC. ANALÓG_PISO #3
---	-----------------------	--

FOTOGRAFÍA 3.28: LAB. ELECTRÓNICA ANALÓGICA



Fuente: Los Autores

3	ELECTRÓNICA DIGITAL	PD-LAB. ELEC. DIG._PISO #3
---	---------------------	----------------------------

FOTOGRAFÍA 3.29: LAB. ELECTRÓNICA DIGITAL



Fuente: Los Autores

3	TELECOMUNICACIONES	PD-LAB. TEL._PISO #3
---	--------------------	----------------------

FOTOGRAFÍA 3.30: LAB.



Fuente: Los Autores

3	CIRCUITOS I y II	<ul style="list-style-type: none"> • PD1-LAB. CIRCUITOS I y II_PISO #3 • PD2-LAB. CIRCUITOS I y II_PISO #3
---	------------------	--

FOTOGRAFÍA 3.31: LAB. CIRCUITOS I y II



Fuente: Los Autores

3	FÍSICA	PD-LAB. FÍSICA PISO #3
<p style="text-align: center;">FOTOGRAFÍA 3.32: LAB. FÍSICA</p>  <p style="text-align: center;">Fuente: Los Autores</p>		
2	FABRICACIÓN DE TARJETAS ELECTRÓNICAS	SIN PANEL DE DISTRIBUCIÓN
<p style="text-align: center;">FOTOGRAFÍA 3.33: LAB. FAB. TARJETAS ELECTRÓNICAS</p>  <p style="text-align: center;">Fuente: Los Autores</p>		
2	ELECTRÓNICA DE POTENCIA	SIN PANEL DE DISTRIBUCIÓN
<p style="text-align: center;">FOTOGRAFÍA 3.34: LAB. ELECTRÓNICA DE POTENCIA</p>  <p style="text-align: center;">Fuente: Los Autores</p>		

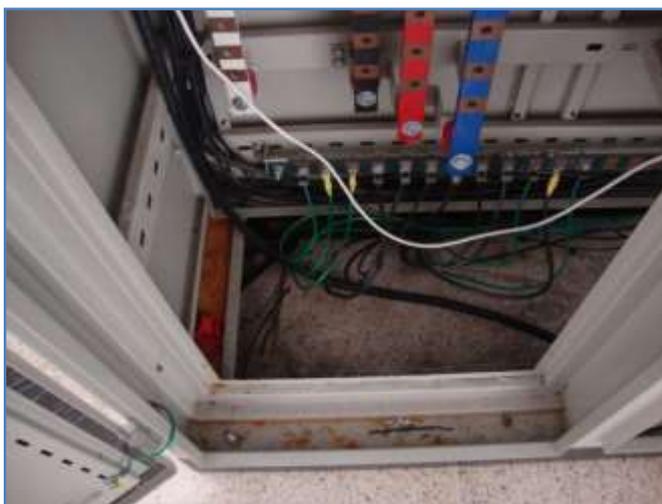
Elaborado por: Los Autores

La ubicación de los paneles de distribución así como del sistema de electro canales que llevan las acometidas, se lo puede apreciar en detalle en los planos de implantación “**Circuito de Tomacorriente Piso #3**” Lámina 6.1 y “**Sistema de Climatización Piso #3**” Lámina 6.2, en los mismos planos también se puede ver como es la distribución de las diferentes cargas en cada laboratorio que básicamente son tomacorrientes de 120V, y de 220V, monofásicos y trifásicos.

Observaciones encontradas en el Sub Tablero de Distribución de Laboratorios – TD-PISO #3.

- Tableros en buen estado aunque deja de ver un poco de corrosión general, se recomienda mantenimiento. Ver **fotografía 3.35.**

FOTOGRAFÍA 3.35: CORROSIÓN EN TD-PISO #3



Fuente: Los Autores

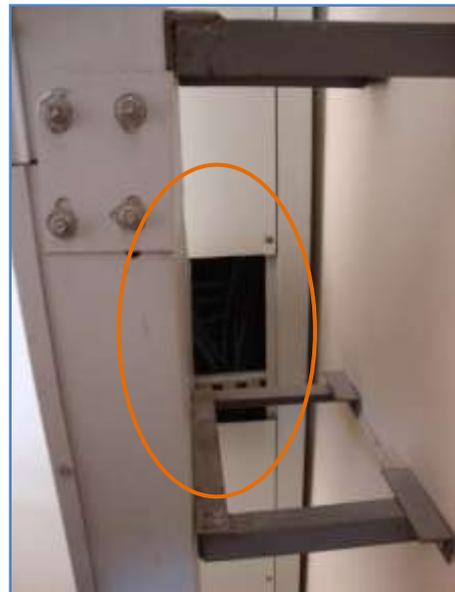
- Ciertos terminales de conexión oxidados. Ver **fotografía 3.36.**
- La entrada de la canaleta de alimentación hacia el TD-PISO #3 no está realizada de una manera técnica. Esto significa que se ha perdido el grado de protección originalmente diseñado para este equipo. Pueden entrar animales al interior de los diferentes compartimientos y causar peligrosos cortocircuitos. Ver **fotografía 3.37.**

- Falta de señalización e identificación.
- No se indica el voltaje de operación del tablero.
- No se encuentra en un cuarto de tableros de baja tensión en caso de incendio no habría manera de aislar el fuego.
- Al no encontrarse en un cuarto de baja tensión, existe la posibilidad de que personal no autorizado, pueda operar el tablero y causar incidentes graves.

FOTOGRAFÍA 3.36: TERMINALES OXIDADOS



FOTOGRAFÍA 3.37: ABERTURA INADECUADA DE CANALETA A TD-PISO #3



Fuente: Los Autores

3.2.6.2.3 Tablero de distribución de Cargas Generales. – TD-PB.

Desde el tablero de distribución principal, exactamente del disyuntor Q3, del modulo dos (**TDP-BLOQUE B**), arrancan la acometida del tablero TD-PB, como se aprecia en los **diagramas unifilares** ubicados en los anexos, en la **hoja 8**.

Este tablero de distribución de los laboratorios tiene una acometida principal de cuatro conductores 3#250 THHN + N#250 THHN + T#2/0 Desnudo, que se pueden apreciar en los diagramas unifilares, así como la capacidad del disyuntor termo magnéticos, que protege el tablero 3P-250A.

FOTOGRAFÍA 3.38: TABLERO DE DISTRIBUCIÓN TD-PB



Fuente: Los Autores

En la **fotografía 3.38** se muestra el diseño constructivo del tablero de distribución el cual es de tipo modular constituidos por 2 módulos, cada uno de 200 cm de alto, 50 cm de ancho y 50 cm de profundidad, con cauchos para evitar entrada de polvo, puertas con bisagras y manijas tipo industriales, una característica muy buena de este tablero es que tienen una placa metálica que cubre los bornes activos de cada disyuntor principal y secundario que posee, con esto evita el riesgo de electrocución en el momento de maniobra con dichos equipos, dicho armario eléctrico están ubicado en la Planta baja, su ubicación exacta se la puede apreciar en detalle en los planos de implantación “**Circuito de Tomacorriente PB**” **Lámina 3.1** y “**Circuito de Alumbrado PB**” **Lámina 3** de la sección anexos.

Este tablero alberga todos los disyuntores termo magnéticos que protegen los paneles de distribución de las cargas de alumbrado y tomacorrientes de uso general de todos los pisos de edificio del Bloque B. Estos paneles de breakers se encuentran ubicados en los diferentes pisos de Bloque B, desde el sótano hasta el tercer piso.

Todos estos paneles son marca General Electric. Cada uno de estos paneles está debidamente protegido por un disyuntor termo magnético instalado en los tableros en mención. Las acometidas a estos equipos están debidamente calculadas y se puede apreciar el detalle de las alimentaciones de estos equipos en los **diagramas unifilares** ubicados en los anexos, en la **hoja 18**. Ver **fotografía 3.39**.

FOTOGRAFÍA 3.39: VISTA INTERNA DEL TD-PB



Fuente: Los Autores

Estos paneles de distribución están instalados en la mitad de cada piso, exceptuando el sótano en cada piso van dos paneles de distribución.

Los paneles de breakers son General Electric, y sus dimensiones son 63 cm de largo y 36 cm de ancho, y son de 30 y 42 espacios y su detalle se puede apreciar en los **anexos de Planillajes Situación Actual**.

Listado de Pisos y Paneles de Distribución

TABLA 3.5: PISOS Y PANELES DE DISTRIBUCIÓN

PISO	PANEL DE DISTRIBUCIÓN	REPRESENTACIÓN
SÓTANO	PD-SÓTANO	<p data-bbox="911 461 1310 495">FOTOGRAFÍA 3.40: SÓTANO</p>  <p data-bbox="995 882 1219 904">Fuente: Los Autores</p>
PB	<ul data-bbox="488 1160 727 1227" style="list-style-type: none">• PD-ESTE PB• PD-OESTE PB	<p data-bbox="887 965 1331 999">FOTOGRAFÍA 3.41: PASILLO PB</p>  <p data-bbox="995 1386 1219 1408">Fuente: Los Autores</p>
1	<ul data-bbox="488 1682 794 1749" style="list-style-type: none">• PD-ESTE PISO #1• PD-OESTE PISO #1	<p data-bbox="842 1480 1350 1514">FOTOGRAFÍA 3.42: PASILLO PISO #1</p>  <p data-bbox="995 1924 1219 1946">Fuente: Los Autores</p>

2	<ul style="list-style-type: none"> • PD-ESTE PISO #2 • PD-OESTE PISO #2 	<p>FOTOGRAFÍA 3.43: PASILLO PISO #2</p>  <p>Fuente: Los Autores</p>
3	<ul style="list-style-type: none"> • PD-ESTE PISO #3 • PD-OESTE PISO #3 	<p>FOTOGRAFÍA 3.44: PASILLO PISO #3</p>  <p>Fuente: Los Autores</p>

Elaborado por: Los Autores

La ubicación de los paneles de distribución así como del sistema de electro canales que llevan las acometidas y la distribución de sus cargas, se lo puede apreciar en detalle en los planos de implantación “**Circuito de Tomacorriente PB, Piso #1, Piso #2, Piso #3**” Lámina 3.1, Lámina 4.1, Lámina 5.1, Lámina 6.1 y **Circuitos de Alumbrado PB, Piso #1, Piso #2, Piso #3**” Lámina 3, Lámina 4, Lámina 5, Lámina 6.

Observaciones encontradas en el Sub Tablero de Distribución de Laboratorios – TD-PB.

- Tableros en buen estado aunque deja de ver un poco de corrosión general, se recomienda mantenimiento. Ver **fotografía 3.45**.

FOTOGRAFÍA 3.45: CORROSIÓN EN TD-PB



Fuente: Los Autores

- Ciertos terminales de conexión oxidados. Ver **fotografía 3.46**.

FOTOGRAFÍA 3.46: ÓXIDO EN TERMINALES DE BARRAS DE TD-PB



Fuente: Los Autores

- Falta de señalización e identificación.
- No se indica el voltaje de operación del tablero.
- No se encuentra en un cuarto de tableros de baja tensión en caso de incendio no habría manera de aislar el fuego.
- Al no encontrarse en un cuarto de baja tensión, existe la posibilidad de que personal no autorizado, pueda operar el tablero y por ende causar incidentes graves.

3.2.7 Distribución eléctrica de aulas, laboratorios y pasillos del Bloque B

Los sub tableros de distribución reparten energía a diferentes paneles de breakers que a su vez protegen todas las cargas finales del edificio del bloque, estas cargas son alumbrado (lámparas fluorescentes 2x32Watts, focos ahorradores, lámparas de emergencia entre otras), tomacorrientes (tomacorrientes polarizados de 120V, tomas monofásicos de 220V, tomas trifásicos de 220V entre otros), acometidas directas a equipos (bombas de agua, compresor de aire, tableros de prácticas entre otros).

Existen siete tipos de espacios físicos que hay en el edificio, que son los siguientes:

- Aulas
- Laboratorios
- Pasillos
- Parqueadero (Sótano)
- Garita
- Baños
- Terraza

En estos espacios se distribuyen todas las cargas eléctricas del bloque B.

A continuación se describirá como están distribuidas las cargas en cada espacio físico descrito, además se evaluará de manera general si se hay algún desvío técnico en cada uno de estos espacios.

3.2.7.1 Aulas

Estos espacios físicos son la mayoría dentro del Bloque B, y es donde se encuentra el mayor movimiento de personas, ya que es en este lugar donde se imparten las clases a los estudiantes.

En las aulas de clases hay diferentes tipos de cargas que siempre están distribuidas de manera similar.

Un circuito de Alumbrado de 6 lámparas fluorescentes de 2x32 Watts, que se encienden con dos interruptores que se encuentran ubicados a la entrada de cada aula (3 lámparas por cada interruptor). Ver **fotografía 3.47 y 3.48**.

Se puede apreciar en detalle la disposición de las lámparas en los planos de implantación “Circuito de Alumbrado PB, Piso #1, Piso #2, Piso #3” Lámina 3, Lámina 4, Lámina 5, Lámina 6.

FOTOGRAFÍA 3.47: ALUMBRADO DE AULA B-304



FOTOGRAFÍA 3.48: LÁMPARA FLUORESCENTE 2X32W



Fuente: Los Autores

Un circuito de Tomacorrientes de 7 tomacorrientes polarizados de 120V, de los cuales 4 son de servicio general, los demás son de servicio específico, uno es para un proyecto de imágenes, otro para el computador del aula, el finalmente uno para el sistema de audio del aula. Ver **fotografía 3.49 y 3.50**.

FOTOGRAFÍA 3.49: CIRCUITO DE TOMACORRIENTES AULA B-104



FOTOGRAFÍA 3.50: TOMACORRIENTE SOBREPUESTO PARA PC



Fuente: Los Autores

Se puede apreciar en detalle la disposición de las tomacorrientes en los planos de implantación “Circuito de Tomacorriente PB, Piso #1, Piso #2, Piso #3” Lámina 3.1, Lámina 4.1, Lámina 5.1, Lámina 6.1.

En todo el edificio del bloque B hay 41 Aulas, dispuestas en la planta baja, nivel 1 y nivel 2. En el apartado 3.5, se evaluará las condiciones eléctricas de cada uno de estos espacios.

3.2.7.2 Laboratorios

Estos espacios físicos son los de mayor carga dentro del bloque B, y es donde junto con las aulas de clases se encuentra el mayor movimiento de personas, ya que es en este lugar donde se imparten las clases a los estudiantes. Ver **fotografía 3.51**.

FOTOGRAFÍA 3.51: VISTA DE PASILLO DONDE SE ENCUENTRAN LOS LABORATORIOS



Fuente: Los Autores

En los laboratorios hay diferentes tipos de cargas que difieren del tipo de laboratorio. Hay cargas como tomacorrientes de tierra aislada para computadoras, tomas trifásicos a 220V para tableros eléctricos para prácticas, acometidas y arrancadores de compresores neumáticos, cargas de alumbrado como en las aulas, entre otras cargas que se describen en detalle en los planos de implantación “Circuito de Alumbrado Piso #3” Lámina 6 y “Circuito de Tomacorriente Piso #3” Lámina 6.1.

En todo el edificio del Bloque B hay 14 Laboratorios, dispuestos en el nivel 2 y nivel 3. En el apartado 3.5, se evaluará las condiciones eléctricas de cada uno de estos espacios.

3.2.7.3 Pasillos.

Estos espacios físicos se refiere a las vías que hay en todos los niveles (excepto en el sótano), por donde se puede acceder a todas las aulas y laboratorios del edificio.

En los pasillos hay diferentes tipos de cargas que siempre están distribuidas de manera similar.

Varios circuitos de alumbrado con lámparas fluorescentes de 2x32 Watts, que están ubicados tanto en pasillos como en escaleras y se encienden con interruptores que se encuentran ubicados en diferentes partes del espacio mencionado. Ver **fotografía 3.52 y 3.53.**

FOTOGRAFÍA 3.52: CIRCUITO DE ALUMBRADO EN PASILLO PISO #2



FOTOGRAFÍA 3.53: ESCALERAS PASILLO OESTE



Fuente: Los Autores

Varios circuitos de tomacorrientes polarizados de 120V, circuitos de lámparas de emergencia y por ultimo ciertos tomacorrientes dan energía a cámaras de video de seguridad que se encuentran ubicadas en lugares estratégicos del edificio. Ver **fotografía 3.54 y 3.55.**

FOTOGRAFÍA 3.54: LÁMPARA DE EMERGENCIA



FOTOGRAFÍA 3.55: CÁMARA DE VIDEO DE SEGURIDAD



Fuente: Los Autores

Se puede apreciar en detalle la disposición de las lámparas en los planos de implantación “Circuito de Alumbrado PB, Piso #1, Piso #2, Piso #3” Lámina 3, Lámina 4, Lámina 5, Lámina 6., y la disposición de los tomacorrientes en los planos de implantación “Circuito de Tomacorriente PB, Piso #1, Piso #2, Piso #3” Lámina 3.1, Lámina 4.1, Lámina 5.1, Lámina 6.1.

3.2.7.4 Parqueadero Subterráneo (Sótano)

Este espacio físico se refiere al subsuelo, donde actualmente existe un parqueadero de vehículos y es el espacio físico donde en el futuro se pretende instalar los nuevos laboratorios.

FOTOGRAFÍA 3.56: CIRCUITO DE ALUMBRADO SÓTANO



Fuente: Los Autores

En el parqueadero subterráneo hay varios circuitos de alumbrado con lámparas fluorescentes de 2x32 Watts y circuitos de lámparas de emergencia, que están ubicados por toda el área del parqueadero, además hay tomacorrientes de uso general de 120V de doble servicio, para conectar cualquier carga que sea necesaria. Ver **fotografía 3.56**.

Una carga especial que tiene este nivel es una bomba de agua de 1/2hp, que es automática y se enciende cuando el parqueadero comienza a inundarse, para evitarlo.

Se puede apreciar en detalle la disposición de las lámparas y demás cargas en los planos de implantación **“Circuito de Alumbrado Sótano” Lámina 2** y **“Circuito de Tomacorriente Sótano” Lámina 2.1** además para ver la disposición eléctrica de los breakers se recomienda ver los **diagramas unifilares hoja 19** de la sección de anexos.

3.2.7.5 Garita

Este espacio físico se refiere al cuarto de guardia, que se encuentra ubicado a la entrada Este del Edificio del Bloque B, este es un cuarto de mide 400 cm de ancho, 350 cm de profundidad y 300 cm de altura, en donde están ubicados los monitores de vigilancia de todo el edificio, por esto es un lugar estratégico en la seguridad del edificio.

En cuanto a cargas eléctricas este espacio posee un pequeño circuito mixto de alumbrado y tomacorrientes que se lo puede apreciar en el plano de **“Implantación General” Lámina 1**.

Además otro punto muy importante en este sitio es que en el interior existe un panel de breakers y un juego de interruptores que controla todo el alumbrado exterior del edificio, como se puede apreciar en el plano de **“Implantación General” Lámina 1**. Aunque la mayoría de estas lámparas están desconectadas o fuera de uso, algunas si son usadas por el personal de seguridad y mantenimiento.

3.2.7.6 Baños

En todo edificio debe haber cuartos de baño para uso de las diferentes personas que transitan en ellos. En este caso el edificio tiene 8 cuartos de baño, 4 para damas y 4 para caballeros, los cuales tienen una distribución eléctrica muy parecida, que consta de un circuito de alumbrado y un tomacorriente de uso general donde se conecta también un secador de manos. Ver **fotografía 3.57 y 3.58.**

FOTOGRAFÍA 3.57: BAÑO CABALLEROS



FOTOGRAFÍA 3.58: BAÑO DAMAS



Fuente: Los Autores

Junto a cada baño hay un cuarto de bodega que también tiene baterías sanitarias y aparentemente fue construido como un baño para personas discapacitadas, pero se están usando como bodegas. Ver **fotografía 3.59 y 3.60.**

FOTOGRAFÍA 3.59: BAÑO CABALLEROS USADO COMO BODEGA



FOTOGRAFÍA 3.60: BAÑO DAMAS USADO COMO BODEGA



Fuente: Los Autores

La disposición de equipos así como la ubicación exacta de cada baño se la puede apreciar en los planos de implantación del “Círculo de Alumbrado PB, Piso #1, Piso #2, Piso #3” Lámina 3, Lámina 4, Lámina 5, Lámina 6 y “Círculo de Tomacorriente PB, Piso #1, Piso #2, Piso #” Lámina 3.1, Lámina 4.1, Lámina 5.1, Lámina 6.1.

3.2.7.7 Terraza

En el edificio del bloque B existen dos terrazas este y oeste, esta terrazas poseen unas bombas de agua para la distribución de agua potable de todo el edificio. La función de estas bombas es llenar unos tanques elevados que se encuentran junto a ellas en las terrazas y luego esta agua se distribuye por todo el edificio, para su uso general.

Estas bombas funcionan de manera automática con sensores de nivel, y su potencia es de 1/2HP y se alimentan desde el tablero PD-ESTE PISO #3 y PD-OESTE PISO #3, respectivamente. Ver **fotografía 3.61 y 3.62.**

FOTOGRAFÍA 3.61: VISTA DE TERRAZA



FOTOGRAFÍA 3.62: BOMBA DE AGUA 1/2 HP



Fuente: Los Autores

Además de las cargas ya mencionadas en este nivel también está ubicado el panel de arranque del motor principal del elevador de personas, este tablero así como el motor están ubicados en un cuarto que se usa solamente para cuando el ascensor necesita mantenimiento. Este cuarto posee alumbrado y tomacorrientes polarizados de 120 V, para uso general.

La disposición de equipos así como la ubicación exacta de cada carga se la puede apreciar en los planos de implantación del **“Circuito de Tomacorriente Planta Cubierta” Lámina 7.**

Para apreciar y verificar protecciones, acometidas y capacidades de las cargas detalladamente se debe examinar en los anexos todo el grupo de **diagramas Unifilares y Planillajes Situación Actual**, que además entre sus primeras hojas posee un dibujo esquemático de la disposición y el orden que sigue todo el sistema eléctrico del edificio.

Según los cálculos realizados en los planillajes, podemos apreciar que la carga instalada en el Transformador Trifásico INATRA es de **741.18 KW.**

La demanda máxima estimada es de **259.41 KW.**

La potencia de cada carga que es alimentada por el transformador trifásico INATRA se la puede apreciar en detalle en los **Planillajes de la Situación Actual**, ubicado en los **anexos.**

La demanda máxima estimada no difiere mucho con respecto a la medición realizada con el equipo registrador FLUKE 435 que es de **210.8 KW.**

Además de la medición y de realizar los cálculos se procedió con una revisión de los consumos de las planillas entregadas por la Empresa Eléctrica de Guayaquil, desde los meses de julio del año 2012 hasta el mes de marzo del 2013, obteniendo los siguientes valores:

Demanda Promedio facturada → 208 KW

Demanda máxima facturada (Febrero 2013 - Marzo 2013) → 251 KW

Este detalle se puede apreciar en el **anexo "Detalle de Planillas"**

Estos datos obtenidos en las planillas de consumo de energía eléctrica tampoco difieren mucho con respecto a los valores de los cálculos realizados.

Para los cálculos de la situación propuesta consideraremos la demanda máxima estimada actual de **259.41 KW**.

3.3 Análisis del sistema de puesta a tierra

En esta temática realizamos la verificación física y visual de la existencia del Sistema de Puesta a Tierra en los sectores referentes del Bloque B de Ingenierías, tanto en:

- El Cuarto de Transformadores de Media Tensión.
- Como en el Laboratorio de Alta Tensión.

Además un breve análisis de la conexión a Tierra en los respectivos sistemas de Distribución en Baja Tensión, finalizando con una inspección general del Bloque B con referencia a las protecciones contra descargas atmosféricas.

3.3.1 Sistema de Puesta a Tierra en Cuarto de Transformadores 13.8 KV

El cuarto de transformadores con nivel de tensión 13.8 KV es de tipo interior, comprende una área aproximada de 14,44 m² (3,8 m x 3,8 m) y en cuyo interior se encuentran los componentes de transformación más los equipos de medición. En el **diagrama unifilar hoja 6** complementado por el Plano de Implantación con **Lámina 1** podemos encontrar la ubicación y detalles con la descripción de los equipos instalados. Ver **fotografía 3.63**.

FOTOGRAFÍA 3.63: VISTA GENERAL DEL CUARTO DE TRANSFORMADORES



Fuente: Los Autores

El objetivo del Sistema de Puesta a Tierra en el Cuarto de Transformadores es:

- Brindar seguridad a las personas.
- Proteger las instalaciones y equipos.
- Proteger los bienes en general de la Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil.

Por lo tanto un Sistema de Puesta a Tierra adecuado ayuda a facilitar y garantizar la correcta operación de los dispositivos de protección, además de establecer un potencial de referencia al estabilizar la tensión eléctrica a Tierra bajo condiciones normales de operación.

Como definición el punto de conexión a Tierra de un Sistema Eléctrico es determinado por el tipo de conexión del Transformador como fuente principal.

La importancia de la conexión Δ -Y del Transformador Trifásico radica en que por medio del Neutro es posible la circulación de las Corrientes Armónicas o de Desbalance.

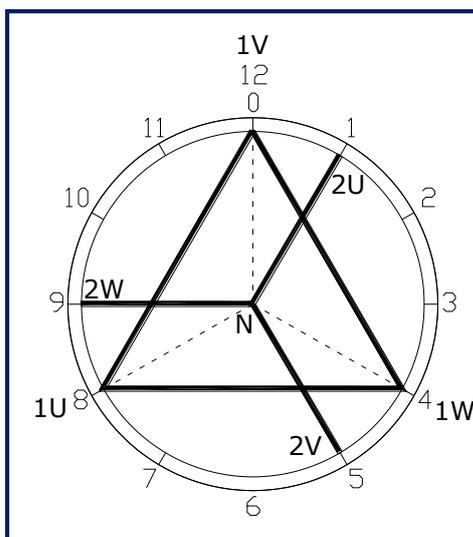
3.3.2 Características Eléctricas del Transformador de Distribución.

En el interior del Cuarto de Transformador de Media Tensión ubicamos:

- 1 Transformador Trifásico de 500KVA marca INATRA con relación de tensión 13200V/208V-120V.
- 1 Tablero Metálico conteniendo los 3 transformadores de corriente con relaciones de corriente fijadas por la Empresa Eléctrica local.

El Transformador de Distribución instalado tiene como dato de placa el grupo vectorial al cual pertenece, indicándonos que es de tipo Dy5. **Véase en tabla 3.1**

FIGURA 3.1: DETERMINACIÓN DEL INDICATIVO EN EL EJEMPLO DEL GRUPO DE CONEXIÓN DY5



Fuente: Los Autores

El tipo de conexión Dy5 tiene por significado:

- Lado de Tensión Superior: conexión en triángulo
- Lado de Tensión Inferior: conexión en estrella, punto estrella extraído (n).

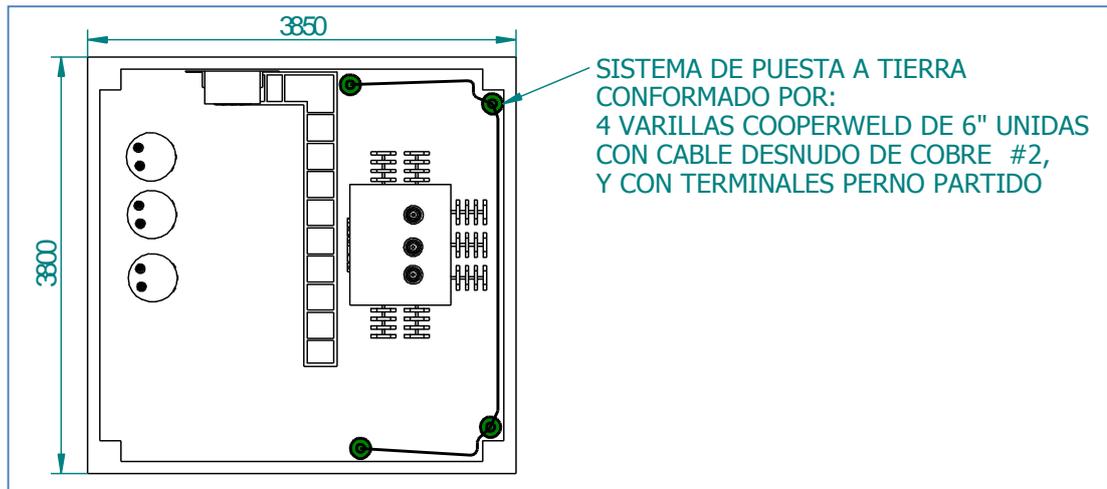
El indicativo 5 multiplicado por 30° da por resultado un desfase de 150° entre el vector de la tensión 1V del arrollamiento de tensión superior y el vector 2V del arrollamiento de tensión inferior. Ver **figura 3.1**.

3.3.3 Ubicación de puntos de conexión de Tierra en el Cuarto de Transformador

De acuerdo a la inspección se determinó una configuración lineal del recorrido del Sistema de Puesta a Tierra existente, ver **figura 3.2**.

En la mencionada ilustración observamos que existe un conductor que une las cuatro varillas COOPERWELD de 6", tratando de formar un Sistema de Puesta a Tierra Tipo Anillo permitido en las normas.

**FIGURA 3.2: VISTA SUPERIOR DE CUARTO DE TRANSFORMADORES
UBICACIÓN DE PUNTOS DE CONEXIÓN DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA**



Fuente: Los Autores

El conductor de cobre desnudo se encuentra sobrepuesto y unido con conectores de cable de manera mecánica, revisando del artículo 250 del NEC, este indica que las partes metálicas no conductoras de corriente deben estar conectadas al Sistema de Puesta a Tierra. Ver **fotografía 3.64**.

**FOTOGRAFÍA 3.64: VISTA DE CABLE DESNUDO DE COBRE #2 AWG,
SOBREPUESTO Y DE VARILLA COPPERWELD ENTERRADA EN EL
INTERIOR DEL CUARTO DE TRANSFORMADORES**



Fuente: Los Autores

Actualmente la carcasa del Transformador de Distribución entre otras partes metálicas se encuentran conectadas al Sistema de Puesta a Tierra. Ver **fotografía 3.65**.

FOTOGRAFÍA 3.65: CONEXIÓN DE CARCASA DE TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCIÓN AL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA

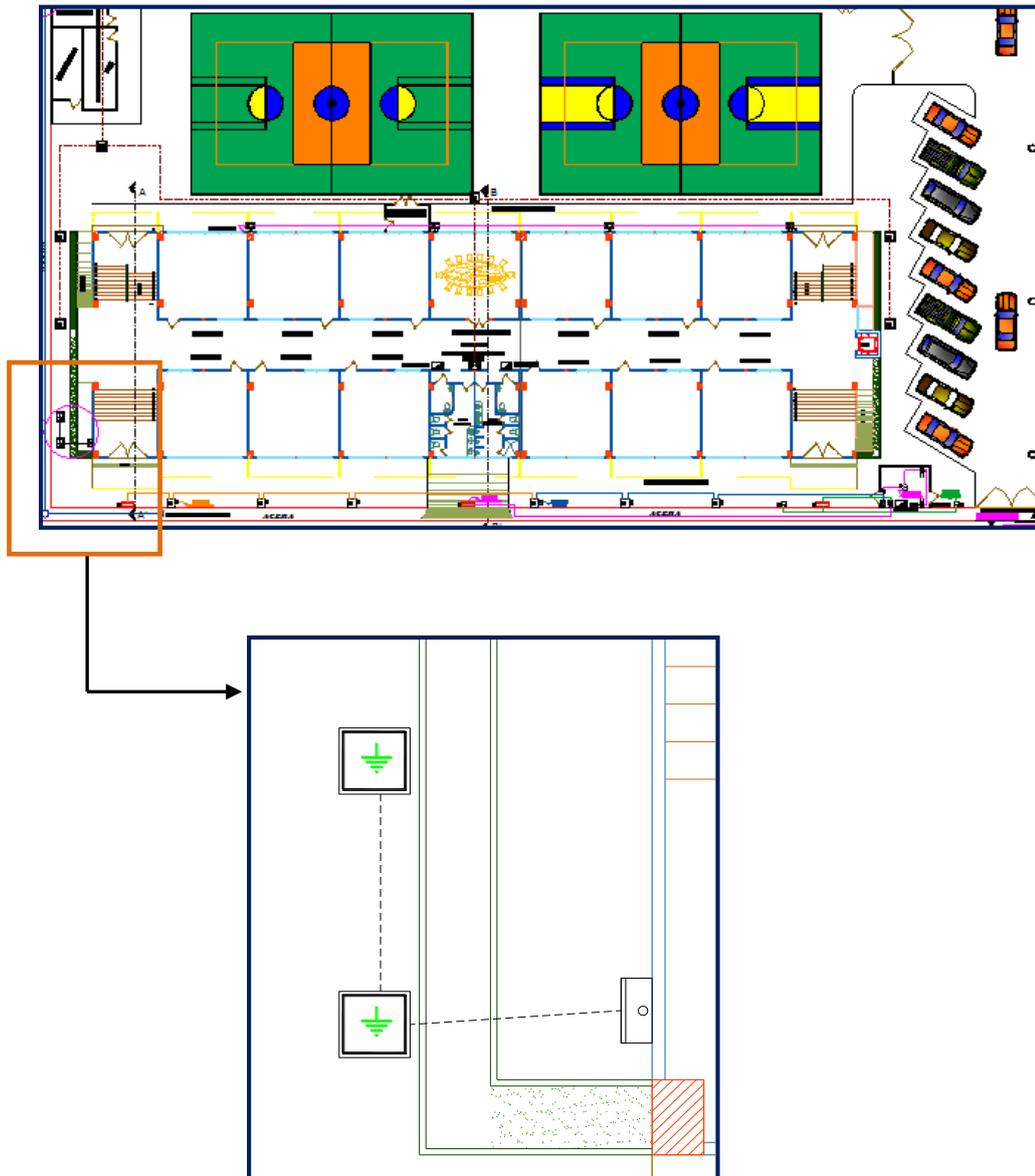


Fuente: Los Autores

3.3.4 Ubicación de puntos de conexión a Tierra para el Laboratorio de Alta Tensión

En la entrada Oeste de la Planta Baja se encuentra ubicado un tablero metálico de dimensiones (40cm x 40cm), cuyo interior presenta una barra de cobre que esta interconectada mediante un arreglo de 2 electrodos químicos en forma lineal como Sistema de Puesta a Tierra, **ver figura 3.3**

FIGURA 3.3: VISTA SUPERIOR DE ARREGLO DE ELECTRODOS QUÍMICOS UBICADOS EN LA ENTRADA OESTE PLANTA BAJA.



Fuente: Los Autores

Revisando del artículo 250 del NEC, indica que las partes metálicas no conductoras de corriente deben estar conectadas al Sistema de Puesta a Tierra.

En el interior del Tablero de Distribución ubicado en el Laboratorio de Alta Tensión se encuentra una barra de cobre donde se aterrizan varios equipos, como se indica en el código 250 del NEC, **ver fotografía 3.66.**

FOTOGRAFÍA 3.66: TABLERO DE DISTRIBUCIÓN EN LABORATORIO DE ALTA TENSIÓN



Fuente: Los Autores

3.3.5 Mediciones de los Sistemas de Puesta a Tierra

Un Sistema de Puesta a Tierra debe proporcionar una resistencia baja a una tierra remota, con el fin de minimizar la Elevación del Potencial de Tierra GPR.

Bajo condiciones normales de operación los equipos conectados en el Sistema de Puesta a Tierra del Cuarto de Transformadores deben operar con un valor de Potencial cercano al Potencial cero de Tierra. La principal función es garantizar la seguridad de las personas.

Esta es una consideración muy importante y obliga a que se fije una resistencia objetivo sin que necesariamente obedezcan a una norma específica. Por lo tanto, en la **tabla 3.6** se muestran los valores recomendados.

TABLA 3.6: VALORES MÁXIMOS DE RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA

UTILIZADA PARA	Valor Máximo de Resistencia de Puesta a Tierra (Ω)
Estructura de Líneas de Transmisión	20
Subestaciones de Alta >115 KV	1

Subestaciones de Media Tensión Uso Exterior	10
Subestaciones de Media Tensión Uso Interior	10
Protección Contra Rayos	4
Neutro de Acometida de Baja Tensión	25
Descargas Electroestáticas	25
Equipos Electrónicos Sensibles	5

Fuente: Sistemas de Puesta a tierra diseñado con IEEE-80, José Ramírez y Eduardo Cano.

Durante la Falla a Tierra la porción de la corriente es conducida por la Red de Tierra y produce lo que se denomina Elevación del Potencial del Suelo o GPR (GROUND POTENCIAL RISE) respecto a una referencia lejana.

Existen varios métodos de Medición de Resistencia de Puesta a Tierra, uno de los más utilizados es el de Caída de Potencial o de los Tres Puntos, pues es aplicable a todo tipo de Sistema a Tierra.

3.3.6 Medición de resistencia del sistema de puesta a tierra actual con el método de 62%.

Se realizó la medición de la resistencia de los dos sistemas puesta a tierra mencionados con la prueba del “62%”, este método se utiliza para medir con precisión la resistencia de un sistema de puesta a tierra mediante electrodos auxiliares; estos en conjunto forman un circuito para la inyección de corriente de prueba y otro para la medición de voltaje.

En la **tabla 3.7** se muestra los datos de las mediciones realizadas.

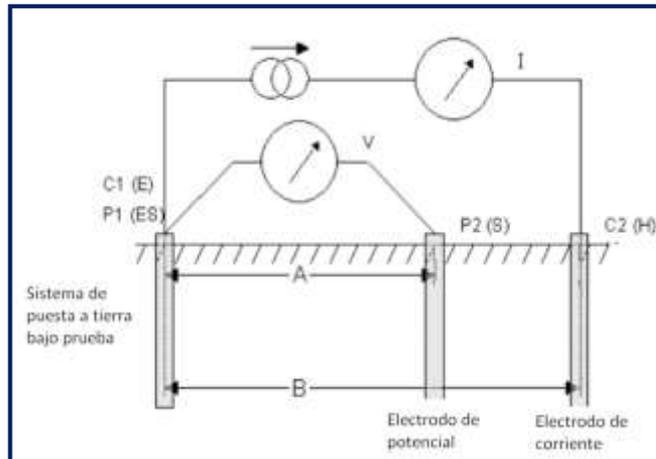
TABLA 3.7: VALORES MÁXIMOS DE RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA

RESULTADOS DE LAS MEDICIONES REALIZADAS	
CUARTO DE TRANSFORMADOR 500KVA	15Ω
ARREGLO DE ELECTRODOS QUÍMICOS	0.236 Ω

Elaborado por: Los Autores

A continuación se explica brevemente el proceso de medición y los resultados obtenidos en la tabla anterior. El equipo utilizado en la medición inyecta al Sistema bajo prueba una corriente C.A. de magnitud conocida y mide el voltaje que se desarrolla en el mismo como se muestra en la **figura 3.4**. La Resistencia del Sistema de Puesta a Tierra se obtiene mediante la Ley de Ohm ($R= V/I$).

FIGURA 3.4: MÉTODO DEL 62%



Fuente: PROCOBRE, Sistema de Puesta a Tierra

De acuerdo al método empleado, la medida de la Resistencia del Sistema se obtendrá si se ubica el electrodo de Voltaje alrededor del 62% de la distancia entre el sistema medido y el electrodo de corriente; siendo necesario tomar algunos puntos alrededor del 62% para determinar el valor exacto. Ver **fotografía 3.67**.

FOTOGRAFÍA 3.67: MEDICIONES EN EL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA EN LOS ELECTRODOS QUÍMICOS



Fuente: Los Autores

Dentro de los análisis en los Sistemas de Puesta a Tierra se debe considerar también dos factores importantes que influyen en la resistencia, a continuación se mencionan estos factores:

3.3.7 Resistividad del Terreno

La resistividad del terreno se mide fundamentalmente para determinar el grado de oposición que este tendrá al paso de los electrones en un metro, es decir: la Resistencia Eléctrica de la Tierra por unidad métrica.

Al utilizarse el método de Wenner, básicamente se mide la resistencia del terreno a varias profundidades; lo cual se logra separando más o menos los electrodos utilizados durante esta prueba. De manera general, el valor de resistividad se usa para:

- Encontrar la profundidad y el grueso de la roca en estudios Geofísicos.
- Encontrar los puntos óptimos en donde se pueda localizar la red de tierras de una subestación, sistema electrónico, planta generadora o transmisora de radiofrecuencia, etc.
- Indicar el grado de corrosión de tuberías subterráneas (en general, los lugares con resistividad baja tienden a incrementar la corrosión).

Para tener datos futuros que servirán para el mantenimiento y la durabilidad del Sistema de Puesta a Tierra, se deben tomar varias medidas del terreno cerca del Cuarto de Transformadores y formar un perfil con las mismas. En estos perfiles se muestra la resistividad del suelo vs la profundidad de la medición. Estos valores serán útiles al momento de seleccionar la profundidad adecuada a la que debe estar un determinado sistema de puesta a tierra.

Con el objetivo de medir la resistividad del suelo se hace necesario insertar los 4 electrodos en el suelo; se colocan en línea recta y a una misma profundidad de penetración; las mediciones de resistividad dependerán de la distancia entre electrodos y de las características del terreno. Por el contrario no dependen en forma

apreciable del tamaño y del material de los electrodos, aunque sí dependen de la clase de contacto que se haga con la Tierra. Ver **fotografía 3.68 y 3.69**.

FOTOGRAFÍA 3.68: ELECTRODOS INSERTADOS EN EL TERRENO A MEDIR



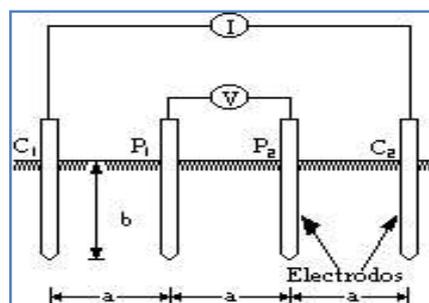
FOTOGRAFÍA 3.69: PINZA COCODRILO AJUSTADO AL ELECTRO PARA DETERMINAR EL VALOR DE RESISTIVIDAD DEL SUELO



Fuente: Los Autores

El principio básico de este método es la inyección de una corriente directa o de baja frecuencia a través de la Tierra entre dos electrodos C_1 y C_2 mientras que el Potencial que aparece se mide entre dos electrodos P_1 y P_2 . Estos electrodos están enterrados en línea recta y a igual separación entre ellos. La razón V/I es conocida como la Resistencia Aparente. La Resistividad Aparente del terreno es una función de esta Resistencia y de la Geometría del electrodo. Ver **figura 3.5**.

FIGURA 3.5: MÉTODO DE LOS 4 ELECTRODOS O WENNER



Fuente: PROCOBRE, Sistema de Puesta a Tierra

3.3.8 Resistividad de la capa superficial (ρ_s).

El motivo de una capa de alta resistividad sobre la superficie donde se encuentra un Sistema de Puesta a Tierra, es de ayudar a limitar la corriente que pasaría por el cuerpo humano, ya que esta capa agrega una resistencia al promedio del cuerpo.

La capa superficial debe tener un espesor (h_s) entre $0.15 \text{ m} \geq h_s \geq 0.1 \text{ m}$ de piedra triturada en caso de ser exterior, o de concreto de ser interior; una vez colocada sobre la superficie más arriba de la malla incrementa la resistencia de contacto entre el suelo y los pies de las personas en la subestación y la corriente por el cuerpo bajará considerablemente.

La reducción depende de los valores relativos de las resistividades del suelo en contacto con la malla, y del espesor y material de la capa superficial.

La capa superficial también es útil para retardar la evaporación de la humedad, y así limitar el secado de las capas superiores durante los períodos de verano.

De acuerdo a estudios realizados sobre resistividad del terreno en la tabla siguiente se muestra el rango de resistividades de suelos típicos.

TABLA 3.8: RESISTIVIDADES TÍPICAS DEL SUELO

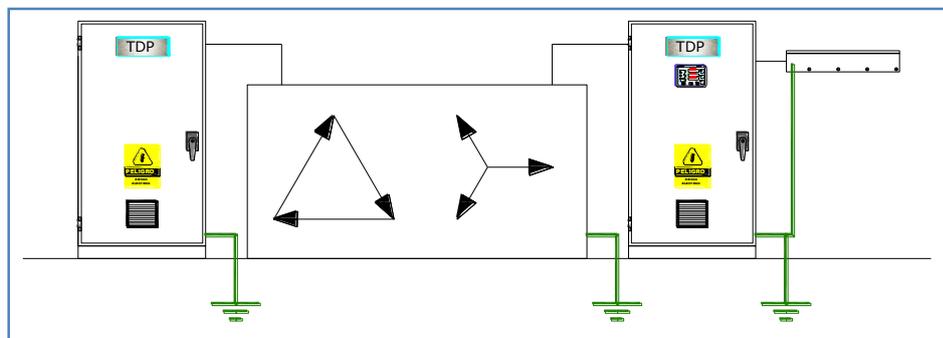
Tipo de Suelo	$\rho(\text{Ohm-m})$
Limos, Arcillas, suelo vegetal y de cultivo	10-100
Tierra Fina, Turbas, Concreto Húmedo (suelo)	100-300
Tierra Aluvial, Arena firmes, suelo seco	300-800
Arena Eólica, Lecho de Rio, Cascajo Suelo Silicio.	800-3000
Rocas Estratificado, Fracturadas, Monolíticas	3000-10000
Suelos de Feldespatos, Micas, Cuarzos	5000-30000
Concreto Normal Exterior (seco)	10000-50000

Fuente: PROCOBRE, Sistema de Puesta a Tierra

3.3.9 Sistema de Puesta a Tierra existente a nivel de baja tensión en Tableros de Distribución.

Cuando se realizaron los levantamientos de los tableros y paneles eléctricos se encontró en cada uno un conductor destinado a tierra, demostrando tener un Sistema TN-S donde se logra determinar que se está cumpliendo las adecuadas condiciones como se muestra en la **figura 3.6** y en la **fotografía 3.70**; además donde se hace referencia a aterrizar las cubiertas metálicas, o los materiales conductores que contienen a los conductores eléctricos.

FIGURA 3.6: REFERENCIA DE TIERRA DEL EQUIPO O TIERRA DE SEGURIDAD



Fuente: PROCOBRE, Sistema de Puesta a Tierra

FOTOGRAFÍA 3.70: PANEL DE DISTRIBUCIÓN PD-OESTE PB



Fuente: Los Autores

3.3.10 Comprobación de la conexión a tierra y la polaridad en un tomacorriente de tres ranuras del Bloque B.

Para evidenciar que los tomacorrientes están protegidos dentro del Sistema de Puesta a Tierra y comprobar su polaridad se realizó tres mediciones de tensión:

- Fase-Neutro.
- Fase-Tierra.
- Neutro-Tierra.

Se recuerda que dentro de las aulas y laboratorios existen cargas electrónicas sensibles, como las de equipos informáticos e instrumentos, y estos sí se ven afectados por una conexión a tierra limpia; por ejemplo, una puesta a tierra sin tensión y sin corrientes de carga. Una simple conexión al revés de los conectores de neutro y tierra o el no contener el conductor destinado a tierra puede afectar a todo el sistema eléctrico.

En condiciones de funcionamiento normales y sin fallos, el circuito de tierra no debería tener corriente. En la mayoría de entornos de oficina, una lectura normal de Tensión de Tierra-Neutro es de aproximadamente 1,5 V. Si la lectura es alta, superior a 2-3 V, entonces puede que el circuito derivado esté sobrecargado.

A continuación se muestran los resultados de una medición tomada dentro del Bloque B.

Medición Fase-Neutro en tomacorriente de Aula Bloque B

FOTOGRAFÍA 3.71: MEDICIÓN FASE-NEUTRO EN TOMACORRIENTE DE AULA DEL BLOQUE B



Fuente: Los Autores

Medición Fase-Tierra en tomacorriente de Aula Bloque B

FOTOGRAFÍA 3.72: MEDICIÓN FASE-TIERRA EN TOMACORRIENTE DE AULA DEL BLOQUE B



Fuente: Los Autores

Medición Neutro-Tierra en tomacorriente de Aula Bloque B

FOTOGRAFÍA 3.73: MEDICIÓN NEUTRO-TIERRA EN TOMACORRIENTE DE AULA DEL BLOQUE B



Fuente: Los Autores

Datos obtenidos en la Medición de Voltaje en Aula de clases del Bloque B

TABLA 3.9: MEDICIONES DE VOLTAJE EN TOMACORRIENTES

Ubicación:	Planta alta	
Medición		
Fase - Neutro	125.9	Voltios
Fase - Tierra	125.1	Voltios
Neutro - Tierra	0.7	Voltios

Fuente: Los Autores

3.3.11 Conexión de bandejas portacables, tuberías de agua, estructuras metálicas no conductoras de energía eléctrica

El código 318-7 del NEC hace referencia que en las bandejas metálicas de cables que soporten conductores eléctricos se deben poner a Tierra como lo exige el Artículo 250.

Durante la inspección realizada se hallaron conexiones equipotenciales seguras que confirman la continuidad del conductor de Tierra dentro de los recorridos de las bandejas portacables hacia el Sistema de Puesta a Tierra como se muestran en la **fotografía 3.74**.

FOTOGRAFÍA 3.74: VISTA DE CONDUCTOR DE TIERRA EN RECORRIDO DE BANDEJAS PORTACABLES



Fuente: Los Autores

3.3.12 Protección contra descargas atmosféricas

3.3.12.1 Introducción

Los sobre voltajes de alto nivel los causan las descargas atmosféricas, y se producen sobretodo en áreas de alta incidencia de rayos. Las normas que rigen los diseños y especificaciones de un sistema de protección frente a descargas atmosféricas son establecidas por la Asociación Nacional de Protección contra Incendios NFPA 780, y el Instituto Americano de Ingenieros Electricistas IEEE.

El desarrollo tecnológico más reciente se refleja en la norma Francesa NF-C-17-102 “Protección de las estructuras y de las zonas abiertas contra el rayo mediante pararrayos con dispositivos de cebado”.

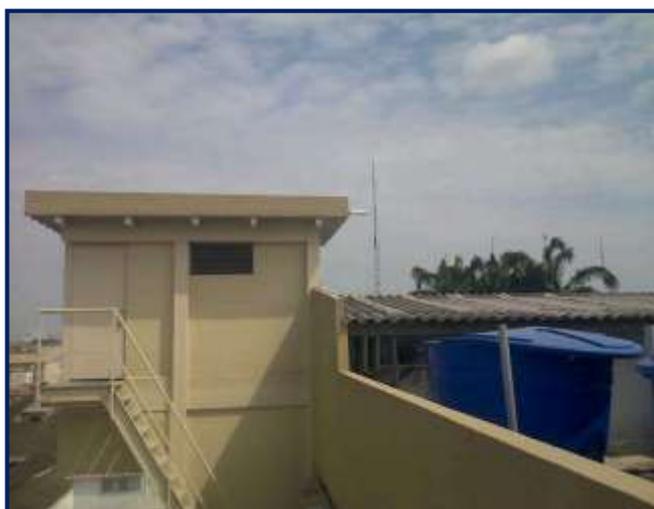
La función principal del sistema de protección es de interceptar, conducir y disipar la descarga principal del rayo. La técnica usada recientemente para analizar la acción de las descargas en objetos a Tierra es el modelo electromagnético desarrollado originalmente por Golde R.H. desde 1970, el método emplea la esfera giratoria derivado de ese modelo.

3.3.12.2 Procedimiento para análisis y selección de estándares de protección.

Existen dos métodos renombrados como estándares para la protección de descargas atmosféricas, el llamado Franklin/Faraday, que es el método tradicional en Norteamérica aprobado por la Asociación contra el Fuego conocido como norma NFPA-780, y el de las Puntas de Inicio (early streamers en inglés) según la norma Francesa NF-C-17-102.

Se hizo la inspección visual donde se comprobó que no existe protección contra descargas atmosféricas dentro de los dos métodos anunciados. Ver **fotografía 3.75**.

FOTOGRAFÍA 3.75: VISTA DE ÁREA DE TECHADO EN EL BLOQUE B



Fuente: Los Autores

3.3.13 Resultados

- De acuerdo a la referencia de valores máximos de resistencia de puesta a tierra diseñado con la norma IEEE-80, indica que para subestaciones de media tensión uso interior el valor máximo debe ser de 10 Ω . De acuerdo a las mediciones efectuadas el valor actual supera lo que está permitido, dejando entender claramente que no se ha ejecutado un sistema confiable.
- El SPT existente trata de formar un Anillo de Tierra que consiste en un conductor de cobre desnudo, de sección transversal no menor al calibre 2 AWG (por resistencia mecánica) y de longitud no menor a 6 m enterrado a una profundidad de 800 mm y, que rodee al edificio o estructura. Actualmente no cumple con la longitud del cable ni con la profundidad indicada.
- Se ha colocado varias varillas de manera muy efectiva de bajar la resistividad de la tierra, la norma indica que no deben ser colocadas muy cerca una de otra, porque cada varilla afecta la impedancia del circuito, por los efectos mutuos. La Norma NOM (250-83) dice que la distancia entre ellas o de cualquier electrodo, no debe ser menos de 1,8 m, aunque se recomienda que estén separadas más del largo de cualquiera de ellas.

Por ejemplo, dos varillas en paralelo a 3 metros de distancia ofrecen una resistencia del 60% de la Resistencia a Tierra de una sola de ellas. Pero, incrementando ese espaciamiento a 6 m, la reducción de la resistencia es del 50%. Las varillas actuales no se encuentran distanciadas de manera adecuada.

- Se verificó que no hay la conexión equipotencial entre los dos sistemas encontrados, elevando la posibilidad de una diferencia de potencial peligrosa que surja entre estos conductores adyacentes ya sea bajo condiciones normales o anormales.
- No existe una caja de revisión del sistema a tierra para dar la facilidad de las mediciones respectivas.

- No se encontraron evidencia de un sistema contra descargas atmosféricas en la parte superior del Bloque B.
- Se puede asegurar que dentro de los circuitos eléctricos existe un conductor destinado a Puesta a Tierra cumpliendo con lo indicado en las normas eléctricas.
- Se encontraron conexiones equipotenciales seguras que confirman la continuidad del conductor de Tierra dentro de los recorridos de las bandejas portacables hacia el Sistema de Puesta a Tierra como menciona el código 318-7 del NEC que hace referencia que en las bandejas metálicas de cables que soporten conductores eléctricos se deben poner a Tierra como lo exige el Artículo 250.
- Aunque se debe realizar un estudio específico sobre el Grado de Incidencia de Caída de Rayos, el edificio no cuenta con una protección apropiada.

3.4 Reporte: medición de calidad de energía

3.4.1 Antecedentes

De acuerdo a lo acordado en el estudio del Rediseño del Bloque B de la Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil, se determinó llevar a cabo la medición del siguiente punto de interés:

Punto 1. Cuarto de Transformación – Transformador 500KVA, 13.2V/208-120V.

En este punto se analizará lo siguiente:

- **Calidad del voltaje** (En nuestro análisis usaremos el criterio de la norma EN50160 para el periodo medido en el punto). La norma EN50160 indica que el periodo de medición debe ser de 7 días en el punto de transferencia con la empresa distribuidora, y lo recomendable sería realizar mediciones de ese periodo en todo los puntos de análisis, sin embargo con unos días de medición es posible obtener información que permita determinar si no hay problemas o si es

necesario un estudio más profundo (en cuyo caso deberá monitorearse por mínimo una semana).

- **Armónicos de Voltaje y Corriente.** Se contrastará los valores de los armónicos de voltaje con los que indica con la norma IEC 61000-4-7. Se verificara que el THD de voltaje no exceda el 8% contemplado en la norma. Para los THD de corriente y armónicos de corriente se determinarán sus valores y se realizaran recomendaciones según sea el caso. Se usará como referencia la norma IEEE-519-1992 para armónicos en sistemas de potencia.
- **Flícker.** Se emitirá un reporte en concordancia con lo que indica la norma IEC 61000-4-15.
- **CONELEC 004/01** agrupa las normas de voltaje, armónicos y flícker arriba mencionadas.
- **El reporte incluye información y análisis de los siguientes parámetros (ver tablas de valores en anexos).**
 - Frecuencia
 - Voltajes
 - Corrientes
 - Flícker de corta y larga duración
 - THD de Voltaje
 - THD de Corriente
 - Potencia Activa
 - Potencia Reactiva
 - Potencia Aparente
 - Conclusiones y Recomendaciones

FOTOGRAFÍA 3.76: PROCESO DE CONEXIÓN DE CABLES DE PRUEBA EN CADA UNA DE LAS LÍNEAS DEL TRANSFORMADOR



Fuente: Los Autores

FOTOGRAFÍA 3.77: CABLE DE PRUEBA CONECTADO EN LA LÍNEA 2 DEL TRANSFORMADOR



Fuente: Los Autores

FOTOGRAFÍA 3.78: ANALIZADOR TRIFÁSICO DE ENERGÍA FLUKE 435 CONECTADO



Fuente: Los Autores

Primer Punto de Medición.

Cuarto de Transformación – Transformador 500KVA, 13.2KV/208-120V.

3.4.2 Frecuencia

El valor de frecuencia dentro de la norma EN50160.

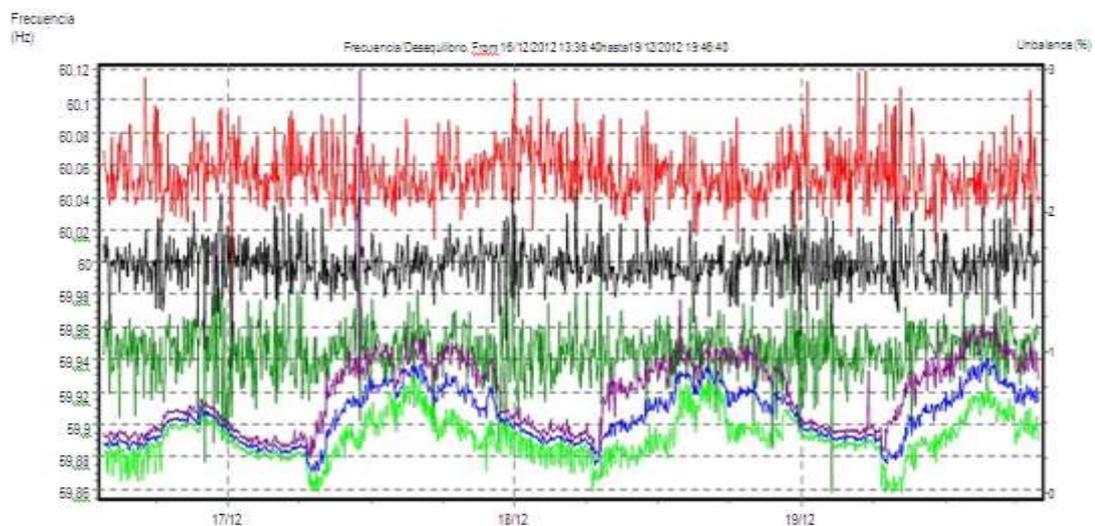
Valor de Frecuencia Promedio: 59.999 Hz.

Valor de Frecuencia Mínimo: 59.858 Hz.

Valor de Frecuencia Máximo: 60.118 Hz.

En la **figura 3.7** se puede observar los valores de las frecuencias.

FIGURA 3.7: FRECUENCIA/DESEQUILIBRIO



Fuente: Equipo analizador trifásico de energía FLUKE 435, Dato: 16/12/2012 a 19/12/2012

3.4.3 Voltaje

VOLTAJES LINEA NEUTRO PERMITIDOS

Cota superior: $120 + 8 \% = 129.6$ voltios

Cota inferior: $120 - 8 \% = 110.4$ voltios

En las **figuras 3.8, 3.9, 3.10, 3.11**, podemos observar que el voltaje máximo, medio y mínimo para poder evaluar si están dentro de la franja de $VN \pm 8\%$ en todo el periodo medido.

Detalle de Voltaje Mínimo encontrado.

L1 $V_{\text{mín.}} = 120.61 \text{ V}$

L2 $V_{\text{mín.}} = 116.93 \text{ V}$

L3 $V_{\text{mín.}} = 122.47 \text{ V}$

N $V_{\text{mín.}} = 0.04 \text{ V}$

Detalle de Voltaje Promedio encontrado

L1 $V_{\text{avg}} = 125.17 \text{ V}$

L2 $V_{\text{avg}} = 125.63 \text{ V}$

L3 $V_{\text{avg}} = 126.36 \text{ V}$

N $V_{\text{avg}} = 0.085 \text{ V}$

Detalle de Voltaje Máximo encontrado

L1 $V_{\text{máx.}} = 128.05 \text{ V}$

L2 $V_{\text{máx.}} = 128.32 \text{ V}$

L3 $V_{\text{máx.}} = 128.78 \text{ V}$

N $V_{\text{máx.}} = 0.14 \text{ V}$

FIGURA 3.8: VOLTAJE RMS LÍNEA 1



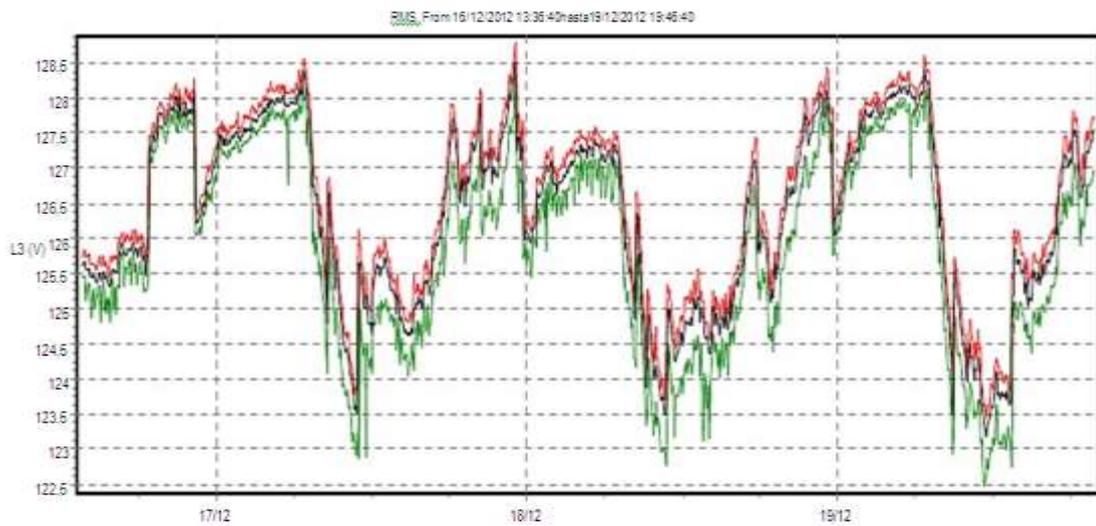
Fuente: Equipo analizador trifásico de energía FLUKE 435, Dato: 16/12/2012 a 19/12/2012

FIGURA 3.9: VOLTAJE RMS LÍNEA 2



Fuente: Equipo analizador trifásico de energía FLUKE 435, Dato: 16/12/2012 a 19/12/2012

FIGURA 3.10: VOLTAJE RMS LÍNEA 3



Fuente: Equipo analizador trifásico de energía FLUKE 435, Dato: 16/12/2012 a 19/12/2012

FIGURA 3.11: VOLTAJE RMS NEUTRO



Fuente: Equipo analizador trifásico de energía FLUKE 435, Dato: 16/12/2012 a 19/12/2012

Nota: El voltaje máximo no excede norma, sin embargo se puede apreciar que existen pequeños cambios bruscos en el mismo que pudieran incidir en ciertos procesos, esto podría deberse a procesos de conmutación o a falsos contactos.

3.4.4 Corriente

Valores de corriente promedios en las tres fases presentan desbalance.

Detalle de Corriente Mínimo encontrado

L1 Imín. = 11 A

L2 Imín. = 13 A

L3 Imín. = 6 A

N Imín. = 6 A

Detalle de Corriente Promedio encontrado

L1 Iavg = 205.036 A

L2 Iavg = 202.539 A

L3 Iavg = 193.399 A

N Iavg = 24.518 A

Detalle de Corriente Máximo encontrado

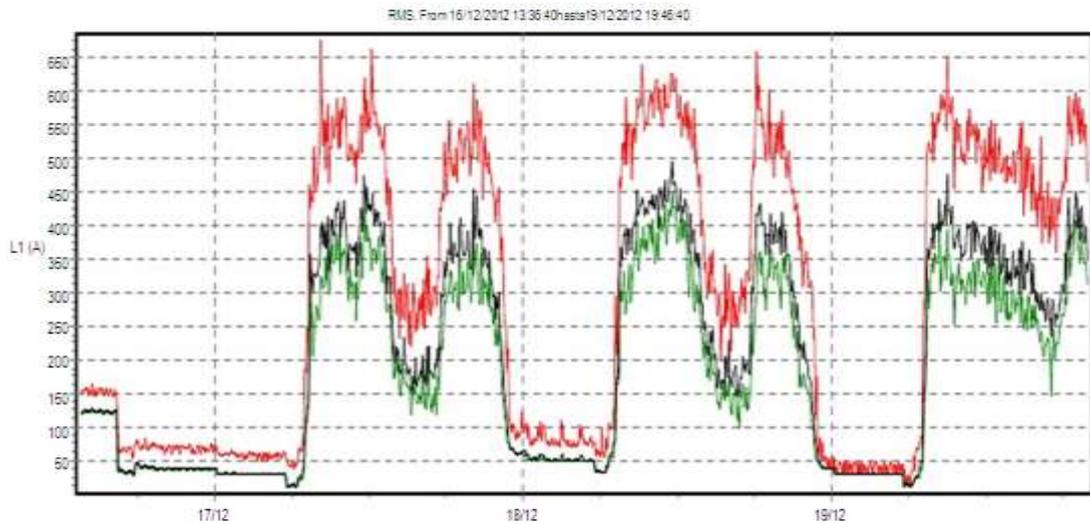
L1 Imáx. = 677 A

L2 Imáx. = 737 V

L3 Imáx. = 650 V

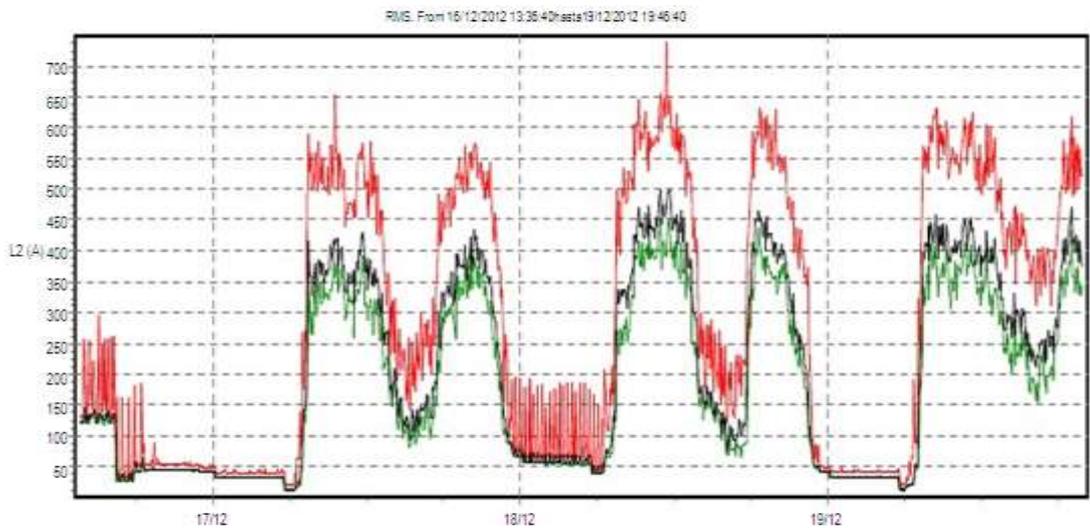
N Imáx. = 162 V

FIGURA 3.12: CORRIENTE RMS DE LÍNEA 1



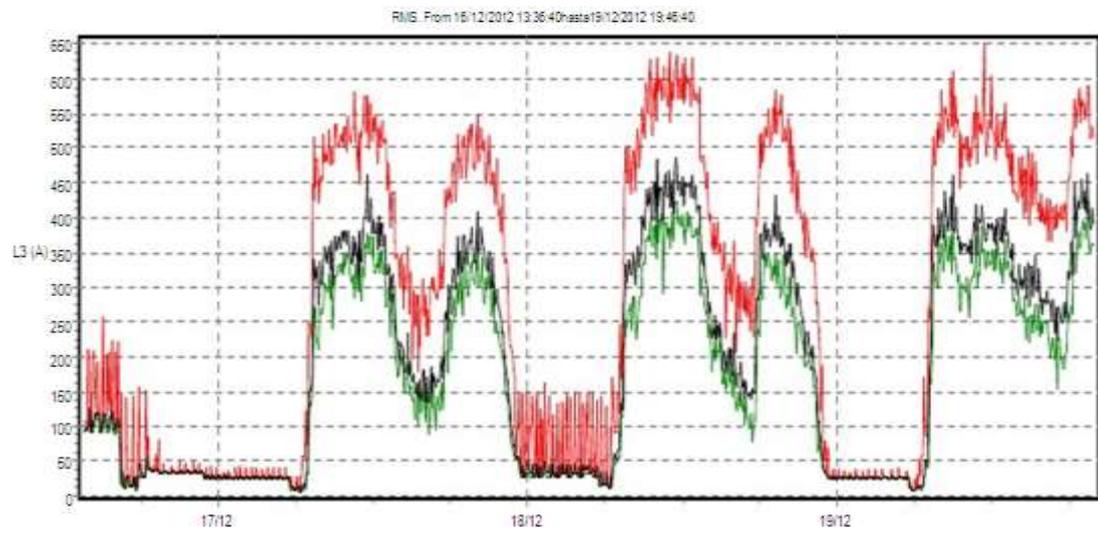
Fuente: Equipo analizador trifásico de energía FLUKE 435, Dato: 16/12/2012 a 19/12/2012

FIGURA 3.13: CORRIENTE RMS DE LÍNEA 2



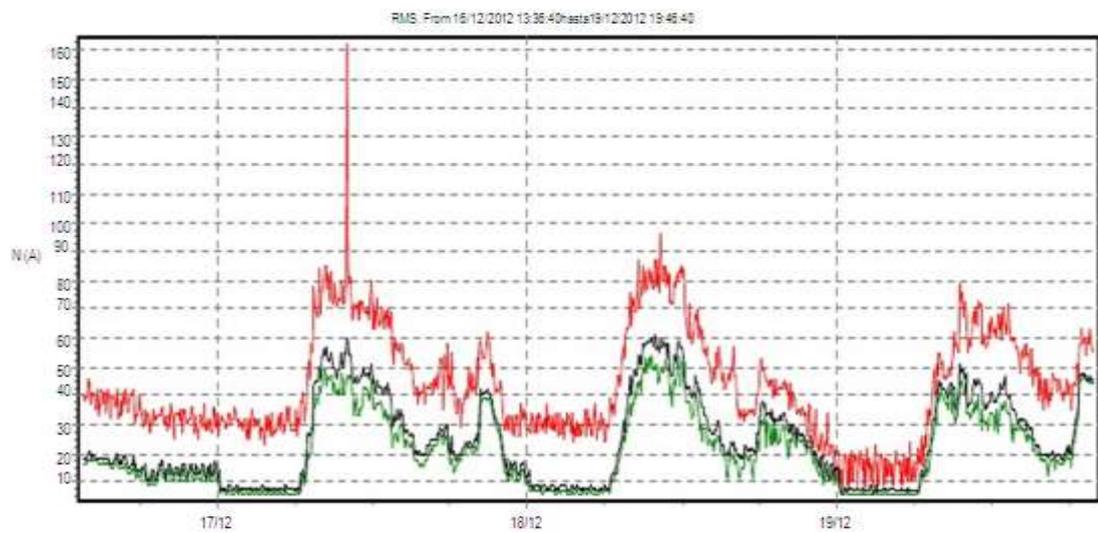
Fuente: Equipo analizador trifásico de energía FLUKE 435, Dato: 16/12/2012 a 19/12/2012

FIGURA 3.14: CORRIENTE RMS DE LÍNEA 3



Fuente: Equipo analizador trifásico de energía FLUKE 435, Dato: 16/12/2012 a 19/12/2012

FIGURA 3.15: CORRIENTE RMS DEL NEUTRO



Fuente: Equipo analizador trifásico de energía FLUKE 435, Dato: 16/12/2012 a 19/12/2012

3.4.5 Flícker

El flicker es una perturbación del voltaje que afecta mayormente a las luminarias y los computadores, además afectan al ojo humano produciendo incremento del stress laboral.

De acuerdo a la norma el valor máx. es 1.

Flicker de Corta Duración Línea 1

Valor Max = 1

Valor medido Máximo = 0.65

Flicker de corta duración dentro de Norma.

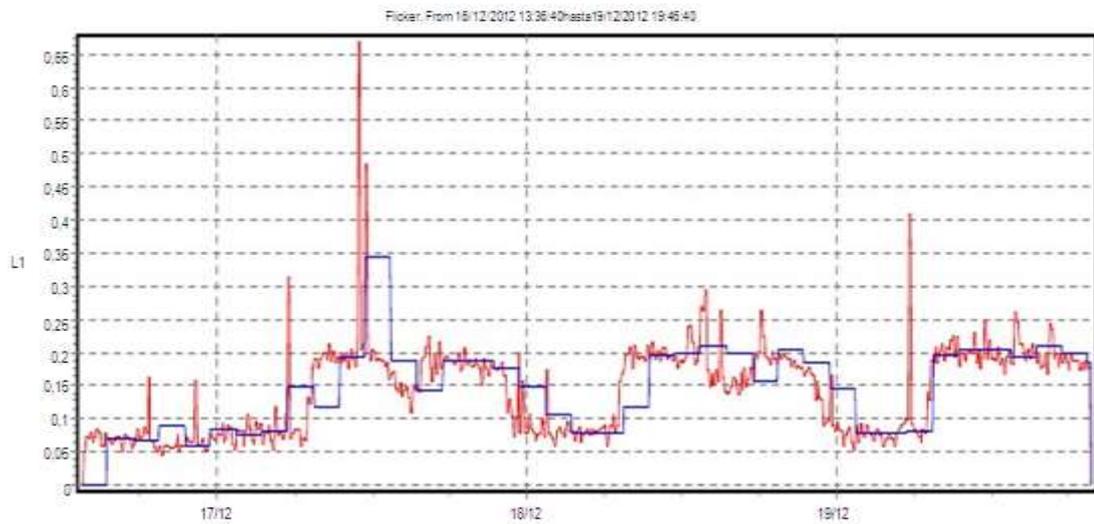
Flicker de Larga Duración Línea 1

Valor Max = 1

Valor medido Máximo = 0.35

Flicker de larga duración dentro de Norma.

FIGURA 3.16: FLICKER LÍNEA 1



Fuente: Equipo analizador trifásico de energía FLUKE 435, Dato: 16/12/2012 a 19/12/2012

Flicker de Corta Duración Línea 2

Valor Max = 1

Valor medido Máximo = 1.9

Flicker de corta duración fuera de Norma.

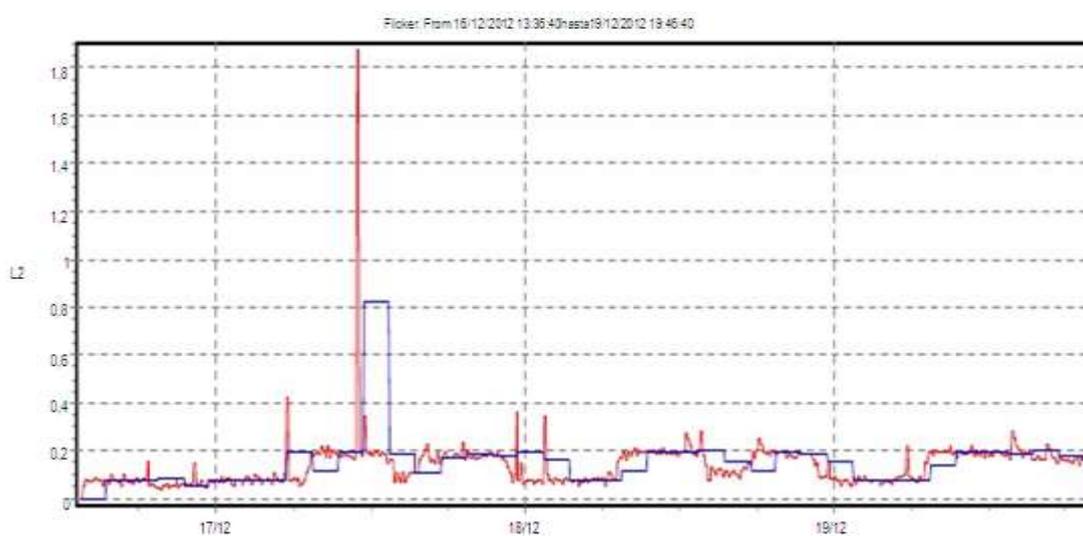
Flicker de Larga Duración Línea 2

Valor Max = 1

Valor medido Máximo = 0.8

Flicker de larga duración dentro de Norma.

FIGURA 3.17: FLICKER LÍNEA 2



Fuente: Equipo analizador trifásico de energía FLUKE 435, Dato: 16/12/2012 a 19/12/2012

Flicker de Corta Duración Línea 3

Valor Max = 1

Valor medido Máximo = 0.72

Flicker de corta duración dentro de Norma.

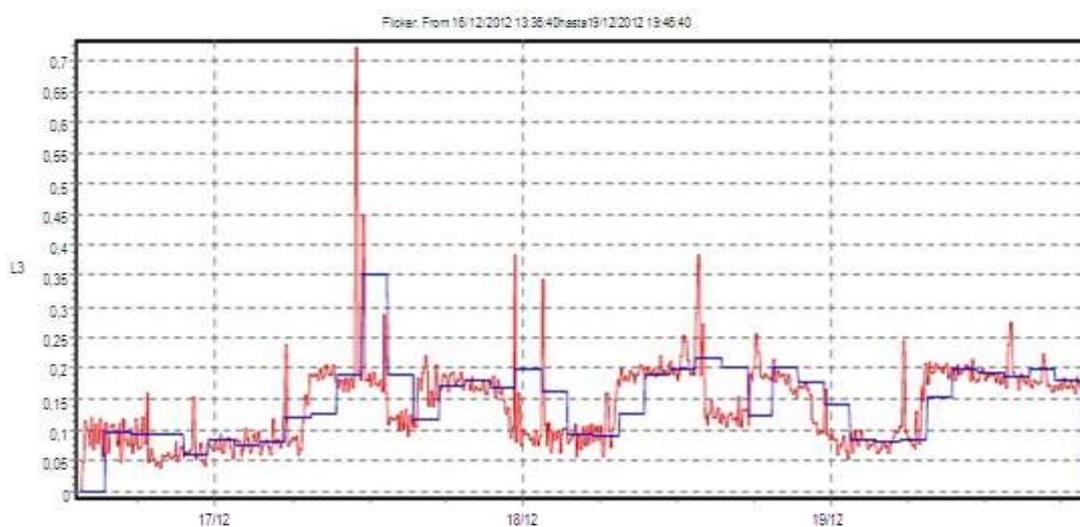
Flicker de Larga Duración Línea 3

Valor Max = 1

Valor medido Máximo = 0.35

Flicker de larga duración dentro de Norma.

FIGURA 3.18: FLICKER LÍNEA 3



Fuente: Equipo analizador trifásico de energía FLUKE 435, Dato: 16/12/2012 a 19/12/2012

3.4.6 THD de voltaje

En Ecuador las empresas distribuidoras deben entregar el voltaje acorde con la regulación 004/01 del CONELEC, esta regulación se basa en la norma europea EN50160 para evaluar calidad de voltaje.

EL THD de voltaje esta en niveles que indica la norma, según podemos ver en la tabla de datos adjunta.

TABLA 3.10: THD DE VOLTAJE

THD según EN50160 (%)	FASE	THD (%)
8%	1	Igual o menor a 2.54 %
8%	2	Igual o menor a 2.49 %
8%	3	Igual o menor a 2.76 %

Fuente: Regulación EN50160

3.4.7 THD de corriente

EL THD de corriente sobrepasa lo indicado en la norma lo que significa la presencia de armónicos.

TABLA 3.11: THD DE CORRIENTE

THD según IEEE 519-1992 / iec 6100-3-2	FASE	THD (%)
12 %	1	Menor o igual al 37.47 %
12 %	2	Menor o igual al 35.90 %
12 %	3	Menor o igual al 70.66 %

Fuente: Regulación IEEE 519-1992/ iec 6100-3-2

Nota: Los armónicos de corriente están muy por fuera de la norma según lo especificado. Aunque los valores indicados aquí son los máximos, el valor promedio no sobrepasa la norma, como se lo puede apreciar en la **tabla 3.11** de datos.

3.4.8 Total de potencia activa

Detalle de Potencia Activa Mínima encontrada.

L1 Pot. Act min = 1.3 Kw

L2 Pot. Act min = 1.3 Kw

L3 Pot. Act min = 0.5 Kw

Detalle de Potencia Activa Promedio encontrada.

L1 Pot. Act. avg = 59.8 Kw

L2 Pot. Act. avg = 61.4 Kw

L3 Pot. Act. avg = 58.5 Kw

Detalle de Potencia Activa Máxima encontrada.

L1 Pot. Act. máx. = 81.5 Kw

L2 Pot. Act. máx. = 88.6 Kw

L3 Pot. Act. máx. = 77 Kw

Detalle de Potencia Activa Total.

Pot. Act. min Total = 3.3 Kw

Pot. Act. avg Total= 72.62 Kw

Pot. Act. máx. Total= 210.8 Kw

3.4.9 Total de potencia reactiva**Detalle de Potencia Reactiva Mínima encontrada**

L1 Pot. React min = -38.1 Kvar

L2 Pot. React min = -40.3 Kvar

L3 Pot. React min = -41.3 Kvar

Detalle de Potencia Reactiva Promedio encontrada

L1 Pot. React. avg = 1 Kvar

L2 Pot. React. avg = 3.2 Kvar

L3 Pot. React. avg = 3.1 Kvar

Detalle de Potencia Reactiva Máxima encontrada

L1 Pot. React. máx. = 4 Kvar

L2 Pot. React. máx. = 7.7 Kvar

L3 Pot. React. máx. = 9.4 Kvar

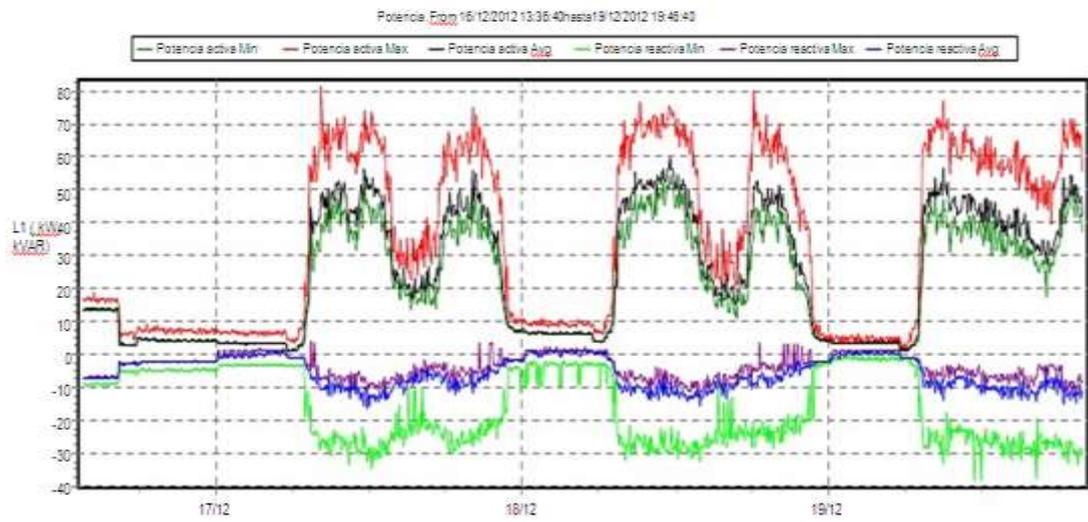
Detalle de Potencia Reactiva Total

Pot. React. min Total = 2.5 Kvar

Pot. React. avg Total= 15.62 Kvar

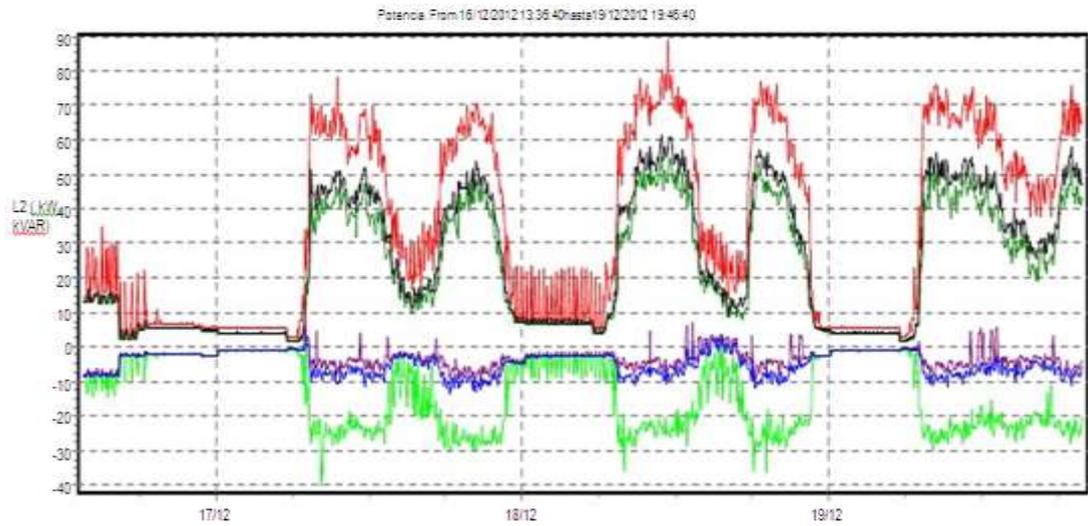
Pot. React. máx. Total= 31.6 Kvar

FIGURA 3.19: POTENCIA LÍNEA 1



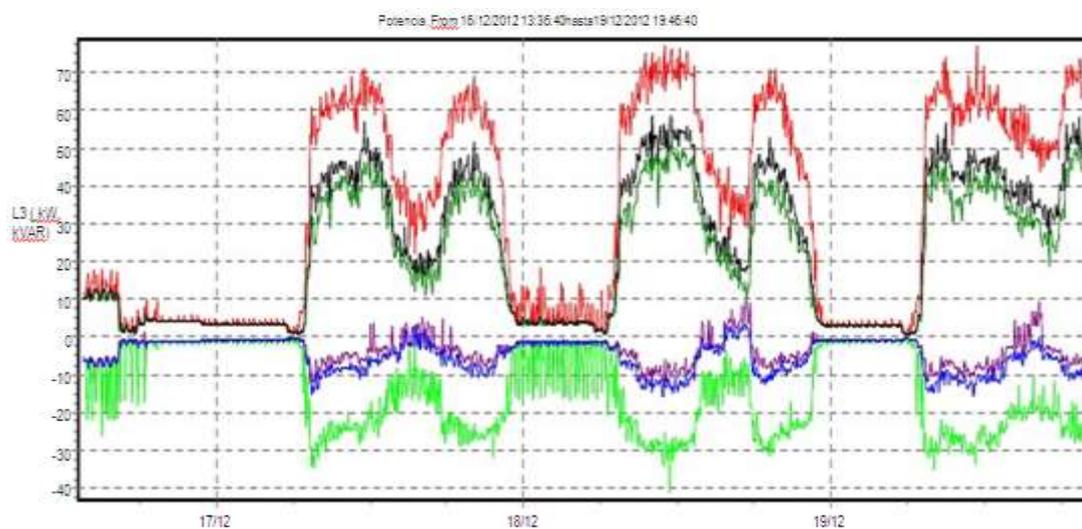
Fuente: Equipo analizador trifásico de energía FLUKE 435, Dato: 16/12/2012 a 19/12/2012

FIGURA 3.20: POTENCIA LÍNEA 2



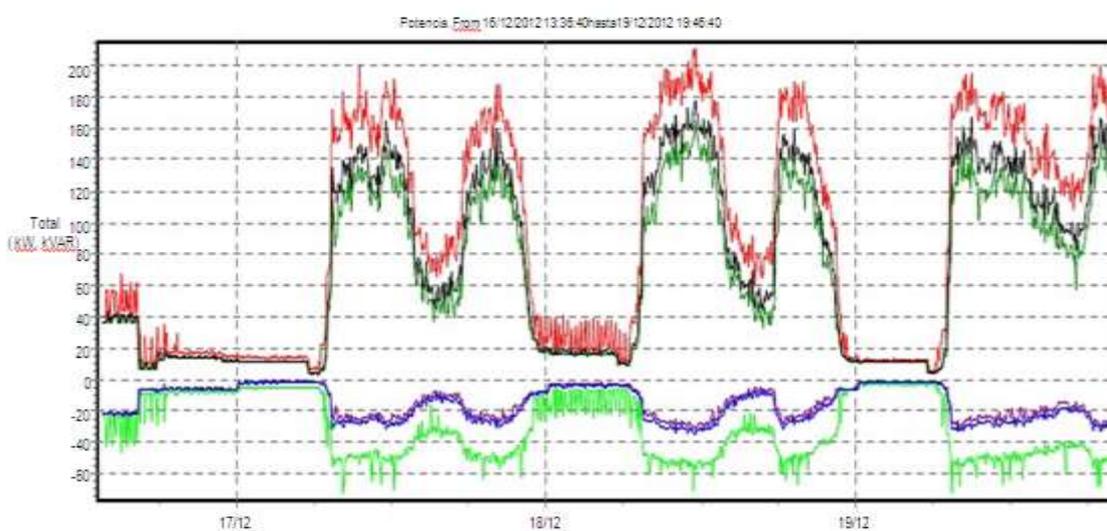
Fuente: Equipo analizador trifásico de energía FLUKE 435, Dato: 16/12/2012 a 19/12/2012

FIGURA 3.21: POTENCIA LÍNEA 3



Fuente: Equipo analizador trifásico de energía FLUKE 435, Dato: 16/12/2012 a 19/12/2012

FIGURA 3.22: POTENCIA TOTAL



Fuente: Equipo analizador trifásico de energía FLUKE 435, Dato: 16/12/2012 a 19/12/2012

3.4.10 Total de energía

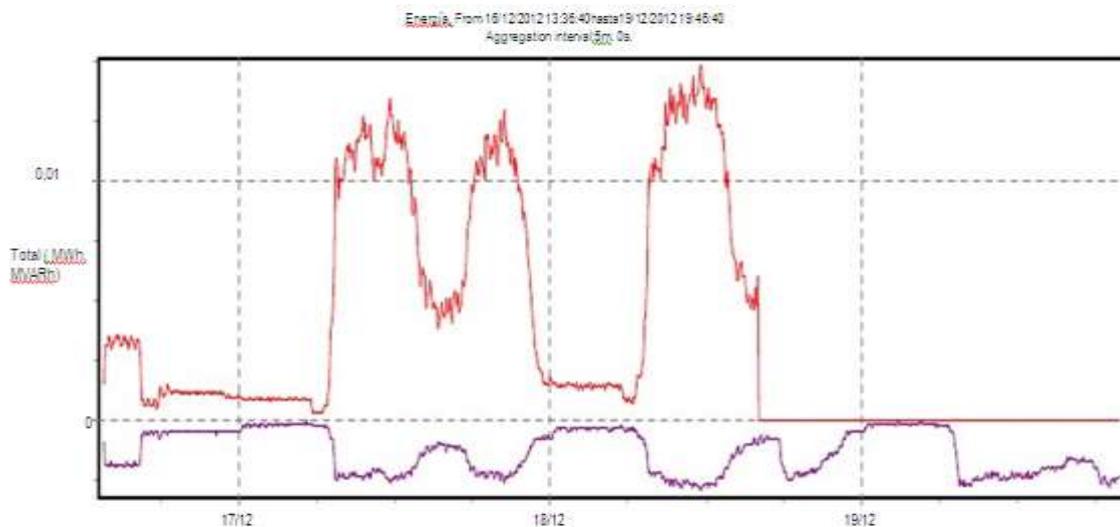
Detalle de Energía Total

Energ. min Total = 0 Kw/h

Energ. avg Total= 10 Kw/h

Energ. máx. Total= 15 Kw/h

FIGURA 3.23: ENERGÍA LÍNEA TOTAL



Fuente: Equipo analizador trifásico de energía FLUKE 435, Dato: 16/12/2012 a 19/12/2012

3.4.11 Conclusiones

- El voltaje medido está dentro de la norma CONELEC 004/01 el 100% tiempo medido, sin embargo existen muchos picos muy cortos que no exceden la norma pero que pueden causar inconvenientes en equipos electrónicos sensibles
- Armónicos de corriente fuera de la norma para potencia IEC 61000-2.-3
- Armónicos de voltaje dentro de lo especificado por norma IEC 61000-4-7. y por CONELEC 004/01
- El flicker de corta duración fuera de la norma EN 50160
- El flicker de larga duración dentro la norma EN 50160
- La frecuencia dentro de la norma EN 50160
- Las corrientes están balanceadas

- La potencia total activa es 210.8 KW
- La potencia total aparente es 213.15 KVA

3.4.12 Recomendaciones generales a tomar en cuenta

- Ajustar TAB del transformador del punto para regular el valor del voltaje línea neutro y prevenir quema de luminarias o PC por sobre voltaje.
- Realizar mantenimiento preventivo a tableros, ajustar pernos y contactos de breakers.
- Revisar y mejorar el sistema de puesta a tierra.

Detalle general de cumplimiento de variables

Punto 1. Subestación de transformación edificio bloque B - UPS

TABLA 3.12: TABLA DE RESUMEN

PARÁMETRO	CUMPLE	NO CUMPLE
NIVEL DE VOLTAJE	X	
ARMÓNICO DE VOLTAJE	X	
BALANCE DE VOLTAJE	X	
BALANCE DE CORRIENTE	X	
ARMÓNICO DE CORRIENTE		X
FRECUENCIA	X	
FLICKER CORTA DURACIÓN		X
FLICKER LARGA DURACIÓN	X	

Elaborado por: Los Autores

3.5 Análisis de riesgo

Con el afán de evaluar el estado de las instalaciones eléctricas del Edificio B de la Universidad Politécnica Salesiana y encontrar las condiciones de riesgo del edificio y poder evitar incidentes en algún momento se va a realizar un Análisis de Riesgos, con el que se va a proceder a valorar el riesgo de las instalaciones del edificio del Bloque, desde la Subestación de Transformación, pasando por las aulas de clases y por último los laboratorios de prácticas de todo el Bloque B de la Universidad Politécnica Salesiana, esto se hace debido a que se considera que estas son las zonas de mayor importancia en el Edificio en mención.

Para realizar el análisis se empleará el de Método de la Valorización FINE.
A continuación una explicación detallada del mismo.

3.5.1 Metodología de Valorización FINE

Es un método que permite establecer prioridades entre las distintas situaciones de riesgo en función del peligro causado.

Es un método de análisis cuantitativo, la identificación de los riesgos en base al **CHECK LIST**, son valorizados posteriormente por el método FINE. Tal sistema de prioridad está basado en la utilización de una fórmula simple para calcular el peligro en cada situación de riesgo y de este modo llegar a una acción correctiva.

3.5.1.1 Cálculo del Grado de Riesgo.

La gravedad del peligro debido a un Riesgo reconocido se calcula por medio de una evaluación numérica, considerando tres factores:

$$GR = P \cdot E \cdot C$$

GR = Gravedad del riesgo

P = Probabilidad

E = Exposición

C = Consecuencia

La consecuencia de un posible riesgo, la exposición a la causa básica y a la probabilidad que ocurra la secuencia completa del accidente y sus consecuencias.

La fórmula del grado de riesgo es la siguiente:

$$\text{GRADO DE RIESGO} = \text{CONSECUENCIA} \times \text{EXPOSICIÓN} \times \text{PROBABILIDAD}$$

Al utilizar la formula, los valores numéricos asignados a cada factor están basados en el juicio y experiencia la persona que hace el cálculo.

Se obtiene una evaluación numérica considerando tres factores:

- Las consecuencias de una posible pérdida debida al riesgo,
- La exposición a la causa básica y
- La probabilidad de que ocurra la secuencia del accidente y consecuencias.

Estos valores se obtienen de la escala para valoración de factores de riesgo que generan accidentes de trabajo.

Mediante un análisis de las coordenadas indicadas anteriormente, en el marco real de la problemática, se podrá construir una base suficiente sólida para argumentar una decisión.

Una vez que se determina el valor por cada riesgo se ubica dentro de una escala de grado de riesgo.

A continuación se presentan las tablas que se van a utilizar para la valoración de riesgos.

Consecuencias: Definido como el daño posible debido al riesgo que se está considerando. Se asignan valores en base a estudios actuariales que sirven para poder provisionar estos valores.

La tabla de valores de consecuencias también indica el valor de la indemnización por muerte o por accidentes con lesiones graves, estos valores se establecen en la administración de cada organización, siendo confidencial el presupuesto destinado a este tipo de acciones en la Universidad Politécnica; para poder establecer un valor se ha consultado el cálculo actuarial de indemnizaciones para el trabajador no afiliado al IEES de acuerdo al artículo 375 del código de trabajo (Ver Marco Legal).

Tomando como referencia el sueldo básico: \$318

Según el artículo 375 indica que:

VALOR DE INDEMNIZACIÓN \$ (MUERTE POR ACCIDENTE TRABAJO) = SUELDO O SALARIO TOTAL DE CUATRO AÑOS.

Por lo que se deduce:

VALOR DE INDEMNIZACIÓN (\$) = SUELDO BÁSICO x (12 MESES) x 4 AÑOS.

VALOR DE INDEMNIZACIÓN (\$) = (\$318) X (12) X (4) = \$15.264

TABLA 3.13: NIVEL DE CONSECUENCIAS DEL RIESGO

TABLA DE VALORIZACIÓN DE CONSECUENCIAS	
Varias muertes; indemnización aproximada de \$15.264 por cada muerte.	50
Una muerte; Indemnización aproximada de \$15.264	25
Lesiones graves, incapacidad total.	15
Lesiones con pérdidas.	5
Lesiones, cortes, golpes, contusiones.	1

Fuente: METODOLOGÍA DE APLICACIÓN DEL MÉTODO FINE PARA VALORIZACIÓN DE RIESGOS EN UNA SUBESTACIÓN.

Exposición: Es la frecuencia con la que se presenta la situación de riesgo, que tanta veces uno está expuesto.

TABLA 3.14: NIVEL DE EXPOSICIÓN A UN RIESGO

TABLA DE VALORIZACIÓN DE EXPOSICIÓN	
Continuamente , varias veces al día	10
Frecuentemente , una vez al día o a la semana	6
Ocasionalmente, mas de una vez al mes o al año	3
Raramente : alguna vez en varios años	1
Remotamente : no ocurre pero no se descarta	0.5

Fuente: METODOLOGÍA DE APLICACIÓN DEL MÉTODO FINE PARA VALORIZACIÓN DE RIESGOS EN UNA SUBESTACIÓN.

Probabilidad: La posibilidad que una vez presentada la situación de riesgo, se origine el accidente.

TABLA 3.15: NIVEL DE PROBABILIDADES DEL RIESGO

TABLA DE VALORIZACIÓN DE PROBABILIDADES	
El resultado es más probable y esperado	10
Es completamente posible , no será nada extraño	6
Secuencia o coincidencia rara pero posible	3
Coincidencia muy rara , pero se sabe que ha ocurrido	1
Coincidencia extremadamente remota pero concebible	0.5

Fuente: METODOLOGÍA DE APLICACIÓN DEL MÉTODO FINE PARA VALORIZACIÓN DE RIESGOS EN UNA SUBESTACIÓN.

Grado de riesgo: Valorización en magnitud del riesgo.

TABLA 3.16: NIVEL DEL GRADO DE RIESGO

GR > 400	Riesgo muy alto	Suspensión de actividad inmediata
200 < GR < 400	Riesgo Alto	Corrección inmediata
70 < GR < 200	Riesgo Notable	Corrección necesaria urgente
20 < GR < 70	Riesgo Moderado	No es emergente, debe corregirse
GR < 20	Riesgo Aceptable	Puede omitirse la Corrección

Fuente: METODOLOGÍA DE APLICACIÓN DEL MÉTODO FINE PARA VALORIZACIÓN DE RIESGOS EN UNA SUBESTACIÓN.

3.5.2 Riesgos encontrados

Como se menciona con anterioridad vamos a tomar en cuenta básicamente tres áreas generales para esta evaluación, las que consideradas las áreas de mayor importancia dentro del edificio del Bloque B de la Universidad, como siguen:

3.5.2.1 Análisis de riesgo subestación de transformación

El cuarto de transformación, que está construido con paredes de hormigón y columnas de hormigón armado, y posee las siguientes dimensiones 300x385x380 cm. de alto, ancho y profundidad.

En este cuarto de transformación se encuentran instalados los siguientes equipos:

- Transformador Trifásico de distribución de 500 KVA con conexión delta – estrella (DY5).

- Un Medidor polifásico socket, electrónico, de 4 hilos, CI-20, polivoltaje, con su base socket trifásica de 20 amperios para medición con transformadores de corriente de 13 terminales, ubicado afuera del cuarto de transformación, dentro de un tablero o gabinete eléctrico construido en plancha metálica de 1.5 mm (1/16") de espesor, está protegido con pintura anticorrosiva y posee las siguientes dimensiones 70x40x25 cm. de alto, ancho y profundidad respectivamente y está construido con una puerta de acceso a la base (socket), según lo indica el código NATSIM.
- Tres Transformadores de corriente tipo toroidales, con una relación de transformación de 400A – 5, ubicados dentro de una caja metálica instalada por la empresa eléctrica de Guayaquil.
- A la salida del transformador a nivel de 208V (Baja Tensión), se encuentra instalada una acometida constituida por doce cables de cobre aislamiento TTU #500MCM, para las fases, cuatro cables de cobre aislamiento TTU #250MCM, para Neutro y un cable de cobre desnudo #4/0 AWG, para Tierra. (3(4#500MCM)+4N#250MCM+T4/0 AWG (desnudo). Esta acometida conecta el transformador de distribución al Tablero de Distribución principal TDP.
- La acometida antes mencionada viaja a través de una parrilla portacables, de ancho 40 cm, hecha con ángulos metálicos de hierro negro de 2 mm de espesor, y pintados con pintura anticorrosiva color negro.

En este cuarto de transformación se evaluaron los puntos que se puede ver en la **“LISTA DE CHEQUEO PARA LA INSPECCIÓN DE SEGURIDAD EN LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA”**, que se encuentra en los sección de **anexos literal A**.

En la **“TABLA DE VALORIZACIÓN DE RIESGOS DE LA SUBESTACIÓN DE TRANSFORMACIÓN”** indicada en la sección de **anexos literal A1**, encontrando los siguientes resultados:

Riesgo Muy Alto.

Ningún riesgo Muy alto fue encontrado.

Riesgo Alto.

Ningún riesgo alto fue encontrado.

Riesgo Notable.

Se encontraron tres riesgos notables:

1.- No existencia de señales de seguridad en subestación y Iluminación.

Se recomienda instalar iluminación con lámparas fluorescentes selladas, instalar lámparas de emergencia, instalar avisos de riesgo eléctrico, letreros con las características de los equipos como voltajes y capacidades.

2.- Tableros eléctricos instalados a la intemperie.

Se recomienda construir un cuarto eléctrico para aislar los tableros de personal civil, además de que con esto se puede confinar un incendio por cortocircuito sin que afecte a nadie más que se encuentre alrededor.

3.- Falta de extintores contra incendios.

Poner extintores de 5Kg o 6Kg de CO₂ (dióxido de carbono), es lo más recomendable, siendo una alternativa el instalar extintores de polvo químico seco (ABC) que son diseñados para proteger áreas que contienen riesgos de fuego Clase A (combustibles sólidos), Clase B (combustibles líquidos), Clase C (combustibles gaseosos) y si son apropiados para fuegos eléctricos.

Riesgo Moderado

Se encontraron dos riesgos moderados.

1.- Falta de limpieza en subestación.

Se deberá realizar mantenimientos y ajustes a la subestación, trazando un plan de mantenimiento continuo, se recomienda un plan de trabajo anual donde se realice un

mantenimiento completo de la subestación incluyendo ajustes y pruebas al transformador y trimestralmente limpieza del cuarto de transformación.

2.- Mala instalación de la malla de puesta a tierra.

Se recomienda corregir las inconformidades encontradas y evaluadas en el punto 3.4.

Riesgo Aceptable

Se encontraron tres riesgos aceptables.

- 1.- Equipos Fuera de uso en el interior.
- 2.- Falta de foso para desalojo de aceite dieléctrico.
- 3.- Falta de canaletas de protección para los cables eléctricos.

Los puntos mencionados son tolerables, como medida correctiva deberían de corregirse para que no pasen a una etapa en donde su margen de tolerabilidad desaparezca.

3.5.2.2 Análisis de Riesgo Aulas de estudio Edificio Bloque B Planta Baja, Primer Piso y Segundo Piso.

Las aulas de estudios se las considerará para el presente análisis como espacios físicos, siendo una mayoría en el Bloque B.

En las aulas se evaluaron los puntos que se puede ver en la “**LISTA DE CHEQUEO PARA LA INSPECCIÓN DE SEGURIDAD EN LAS AULAS**”, que se encuentra en la sección de **anexos B, C y D** respectivamente.

En la “**TABLA GENERAL DE VALORIZACIÓN DE RIESGOS DE LAS AULAS**” indicada en la sección de **anexos literal B1, C1 y D1** respectivamente encontrando lo siguiente resultados:

3.5.2.2.1 Riesgos encontrados en las aulas de la Planta Baja desde B100 hasta B112.

Riesgo Muy Alto.

Ningún riesgo Muy alto fue encontrado.

Riesgo Alto.

Ningún riesgo alto fue encontrado.

Riesgo Notable.

Se encontró un riesgo notable.

1.- Incorrecta cantidad de lúmenes en sitio de trabajo

Se recomienda mejorar la iluminación ya que lo mínimo indicado para las aulas es de 350 Lux y según las mediciones obtenidas en sitio promedio fueron de 190 Lux.

Riesgo Moderado

Ningún riesgo Moderado fue encontrado.

Riesgo Aceptable

Se encontraron tres riesgos aceptables.

- 1.- No existencia de señales de circuitos en tomacorrientes.
- 2.- Montaje incorrecto de ciertas canaletas plásticas.
- 3.- No existencia de extintores contra incendios.

3.5.2.2.2 Riesgos encontrados en las aulas del Primer Piso desde B201 hasta B213.

Riesgo Muy Alto.

Ningún riesgo Muy alto fue encontrado.

Riesgo Alto.

Ningún riesgo alto fue encontrado.

Riesgo Notable.

Se encontró un riesgo notable.

1.- Incorrecta cantidad de lúmenes en sitio de trabajo

Se recomienda mejorar la iluminación ya que lo mínimo indicado para las aulas es de 350 Lux y según las mediciones obtenidas en sitio promedio fueron de 190 Lux.

Riesgo Moderado

Ningún riesgo Moderado fue encontrado.

Riesgo Aceptable

Se encontraron tres riesgos aceptables.

- 1.- No existencia de señales de circuitos en tomacorrientes.
- 2.- Montaje incorrecto de ciertas canaletas plásticas.
- 3.- No existencia de extintores contra incendios.

3.5.2.2.3 Riesgos encontrados en las aulas del Segundo Piso desde B301 hasta B313.

Riesgo Muy Alto.

Ningún riesgo Muy alto fue encontrado.

Riesgo Alto.

Ningún riesgo alto fue encontrado.

Riesgo Notable.

Se encontró un riesgo notable.

1.- Incorrecta cantidad de lúmenes en sitio de trabajo

Se recomienda mejorar la iluminación ya que lo mínimo indicado para las aulas es de 350 Lux y según las mediciones obtenidas en sitio promedio fueron de 190 Lux.

Riesgo Moderado

Ningún riesgo Moderado fue encontrado.

Riesgo Aceptable

Se encontraron tres riesgos aceptables.

- 1.- No existencia de señales de circuitos en tomacorrientes.
- 2.- Montaje incorrecto de ciertas canaletas plásticas.
- 3.- No existencia de extintores contra incendios.

3.5.2.3 Análisis de Riesgo en los laboratorios técnicos.

Estos espacios físicos son los de mayor carga dentro del Bloque B. En los Laboratorios hay diferentes tipos de cargas que difieren del tipo de laboratorio: hay cargas como tomacorrientes de tierra aislada para computadores, a tomas trifásicos a 220V para tableros eléctricos para prácticas, acometidas y arrancadores de compresores neumáticos, cargas de alumbrado como en las aulas, entre otras cargas.

En los laboratorios se evaluaron los puntos que se puede ver en la “**LISTA DE CHEQUEO PARA LA INSPECCIÓN DE SEGURIDAD EN LOS LABORATORIOS**”, que se encuentra en los sección de **anexos literal E**.

En la “**TABLA GENERAL DE VALORIZACIÓN DE RIESGOS DE LOS LABORATORIOS**”, indicada en la sección de **anexos literal E1**, se encontraron los siguiente resultados:

Riesgos encontrados en los laboratorios.

Riesgo Muy Alto.

Ningún riesgo Muy alto fue encontrado.

Riesgo Alto.

Ningún riesgo alto fue encontrado.

Riesgo Notable.

Se encontró un riesgo notable.

1.- Incorrecta cantidad de lúmenes en sitio de trabajo

Se recomienda mejorar la iluminación ya que lo mínimo indicado para las aulas es de 350 Lux y según las mediciones obtenidas en sitio promedio fueron de 190 Lux.

Riesgo Moderado

Ningún riesgo Moderado fue encontrado.

Riesgo Aceptable

Se encontraron tres riesgos aceptables.

- 1.- No existencia de señales de circuitos en tomacorrientes.
- 2.- Montaje incorrecto de ciertas canaletas plásticas.
- 3.- No existencia de extintores contra incendios.

CAPITULO IV

4 PROPUESTA DE MEJORAMIENTO A LAS INSTALACIONES DEL EDIFICIO DEL BLOQUE B - REINGENIERÍA

El proyecto propone la eliminación de las “no – conformidades técnicas” descritas en el capítulo III y el ingreso de las nuevas cargas como: instalación de nuevos laboratorios, en el sótano del edificio e informe de mejoramiento del sistema eléctrico.

Se ha considerado conveniente hacer previamente una descripción general de las actividades propuestas que permita identificar tener una idea macro del proyecto a ejecutar, para luego hacer una descripción en detalle de los rubros o actividades individuales. Esto se presenta en los dos artículos subsiguientes.

4.1 Descripción general del alcance del proyecto

La situación propuesta por el proyecto incluye en términos generales el siguiente alcance:

- a) **Modificaciones en la acometida principal a Nivel de 13.8KV.-** Se plantea la modificación de las protecciones de la acometida a nivel de 13.8KV, debido al incremento de la potencia del *Transformador Trifásico* principal.
- b) **Modificaciones del Cuarto de Transformación.-** El actual cuarto de transformadores no cumple con ciertas especificaciones técnicas, que se deben modificar.

Los cambios requeridos en la propuesta de mejoramiento para el cuarto de transformador son:

- **Instalación de un transformador de mayor potencia 750KVA y retiro del Actual de 500KVA.-** Esto se debe al aumento de carga que se va a realizar (Instalación de nuevos laboratorios, en el sótano del edificio), aunque según los cálculos realizados no sería necesario el cambio debido a que la demanda calculada no superaría la potencia del transformador actual de 500KVA, la recomendación es cambiarlo para tener una mayor capacidad de reserva para cargas futuras además para poder manejar un porcentaje mucho más alto de la carga instalada.
 - **Construcción de un Pozo colector de aceite para el Transformador de distribución.**
 - **Cambio de los transformadores de medición.-** Esto se debe al aumento de carga que se va a realizar.
 - **Instalación de alumbrado general, de emergencia y tomacorrientes de servicios generales dentro de cuarto de transformación.**
 - **Instalación de extintores contra incendios.**
- c) **Diseño de un cuarto de tableros eléctricos.-** No existe un cuarto de tableros, la planificación de nuevos laboratorios da la necesidad de elaborar nuevos tableros, y debería de plantearse el diseño de un cuarto para todos ellos.
- d) **Diseño de una nueva malla de puesta a tierra y un sistema de pararrayos.-** Se realizarán nuevos cálculos para mejorar las características de la malla actual.
- e) **Modificación de luminarias para las aulas del edificio.-** En mediciones realizadas en sitio con un luxómetro MINOLTA Modelo TL-1, se evidenció sombras y la incorrecta ubicación de lámparas en las aulas, dando como resultado un nivel no adecuado de luxes para aulas y laboratorios, por lo que se diseñará

una nueva distribución de lámparas para que se obtenga el nivel apropiado de iluminación.

- f) **Diseño para la instalación de los nuevos laboratorios y sus servicios generales.**- La planificación de la administración de la Universidad incluye la instalación de nueve laboratorios y dos oficinas, esto incluye eléctricamente nuevas cargas de diversos tipos, iluminación general y de emergencia, tomacorrientes de diferentes tipos, centrales acondicionadoras de aire, cargas especiales de los laboratorios, que ingresarán al sistema eléctrico requiriéndose un diseño y un nuevo cálculo de carga.

4.2 Descripción de la propuesta al sistema eléctrico

A continuación se procederá a detallar cada cambio de la propuesta de reingeniería al sistema eléctrico del edificio de Bloque B.

En cada punto se indicará con planos, diagramas y cálculos como se dan solución las no – conformidades técnicas descritas, y como sería el ingreso al sistema eléctrico de las nuevas cargas.

4.2.1 Acometida a nivel de 13.8 KV.

Actualmente el sistema eléctrico del edificio del Bloque B de la Universidad Politécnica Salesiana recibe energía a nivel de media tensión, 13.8 KV, desde la red de la empresa Eléctrica Pública de Guayaquil, EP, situación que se analizó en el capítulo III, en la situación propuesta esta parte se mantiene casi invariable, es decir la alimentadora desde el sistema de distribución de la Empresa Eléctrica del Ecuador a 13.8 KV, seguirá llegando con conductores #2 de 15KV XLPE, uno por fase. (3#2XLPE), hasta el transformador trifásico de 750KVA (nuevo). Pero se deben realizar los siguientes cambios.

- **Instalación de pararrayos de distribución:** Las instalaciones actuales no cuentan con pararrayos de distribución en el poste P1, cuando deberían tener según lo indican las buenas prácticas de ingeniería, que en cualquier cambio de

conductores a media tensión de desnudos ha aislados, se deben incluir pararrayos de distribución. La propuesta sería instalar 3 pararrayos de distribución del tipo de óxido de zinc, de construcción robusta en el poste P1 como se indica en el **Plano de Implantación General (propuesto)** en el detalle de acometida, **Lámina 1** ubicado en los **anexos**. Estos pararrayos se instalaran como la primera protección, antes de la cajas porta fusibles, es importante recordar que los pararrayos protegen al sistema contra los sobre voltajes producidos por diferentes circunstancias.

- **Cambio de tiras fusibles:** Actualmente se encuentran instaladas tres cajas porta fusibles, con tiras fusibles tipo K de 25 amperios cada una. Debido a la instalación de un transformador Trifásico de distribución de mayor potencia (750KVA), las tiras fusibles actuales deben cambiarse a tres tiras fusibles de 40 Amperios, que protegerían de manera correcta al nuevo Transformador de sobre corrientes en el sistema. Este detalle se lo puede apreciar en el **Diagramas Unifilares situación propuesta, hoja 6** ubicado en los **anexos**.

4.2.2 Cuarto de transformación

Como se mencionó en el apartado 4.1 literal b) en el cuarto de transformación se deben realizar algunos cambios debido al incremento de carga.

- **Instalación de un transformador de mayor potencia 750KVA y retiro del Actual de 500KVA.** No sería necesario el cambio debido a que la demanda calculada no superaría la potencia del transformador actual de 500KVA, sugerimos que para obtener una mayor capacidad de reserva para cargas futura y poder manejar un porcentaje de carga instalada más alto realizar el cambio en un tiempo de un año, la propuesta sería el cambio a un transformador de 750KVA en el mismo sitio, pero antes de su instalación se debería realizar el foso colector de aceite, cuyo diseño se lo verifica en la figura 4.1.

Los cálculos tanto de carga instalada como de la demanda máxima con las nuevas cargas se los puede apreciar en los **anexos** en los **Planillajes situación propuesta**.

- **Construcción de un Pozo colector de aceite para el Transformador de distribución.**

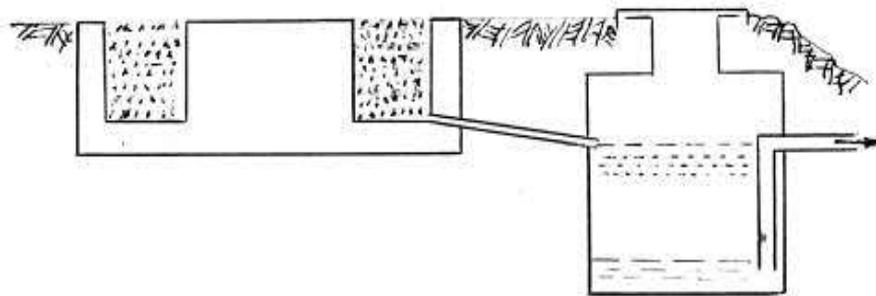
Alrededor de la cimentación del transformador, y como parte integral para evitar filtraciones la propuesta es la construcción de una fosa de derrames o pozo colector de aceite, completamente hecho de concreto, las dimensiones de esta se las puede apreciar en el plano de **Cuarto de transformador de distribución (propuesto) Lámina 8**, ubicado en los **anexos**.

En la parte superior de la fosa se colocara una rejilla metálica galvanizada para evitar caídas y encima de las mismas, piedras chispas o grava, que estaría ubicada en este lugar para enfriar el aceite dieléctrico en caso de derrame y disminuir el peligro de incendio.

En la parte más baja de la fosa de derrames se coloca un tubo para drenar, de diámetro de 2" suficiente para que no se tape con facilidad. El otro extremo del tubo entra a una fosa contenedora de desalojo para el aceite.

En la figura 4.1 se presenta un esquemático del foso colector de aceite y de la fosa contenedora de desalojo.

FIGURA 4.1: CONSTRUCCIÓN DE UN POZO COLECTOR DE ACEITE



Fuente: <http://www.ruelsa.com/cime/boletin/2002/bt02.html>

- **Cambio de los transformadores de medición.**

Actualmente el sistema posee 3 transformadores de corriente para medición indirecta que tienen una relación de transformación de 400 Amp a 5 Amp, por aumento de carga debería aumentar la relación de transformación, según el cálculo en los **Planillajes situación propuesta** ubicados en los **anexos** deberían cambiarse los transformadores de corriente actuales a transformadores de corriente con una relación de transformación de 800 Amp a 5 Amp.

- **Instalación de alumbrado general, de emergencia y tomacorrientes de servicios generales dentro de cuarto de transformación.**

Como lo indican las normas del Natsim en el cuarto de transformación debe haber lámparas de alumbrado general y tomacorrientes de uso general, además que por normas de seguridad se debe poner lámparas de emergencia señalando las salidas.

En el cuarto actualmente no existe ninguno de estos servicios eléctricos, por lo que se diseñó un circuito de alumbrado y un circuito de tomacorrientes, además de la instalación de tres lámparas de emergencia.

El sistema de alumbrado está compuesto por una lámpara fluorescente sellada 2x32Watts, con luz blanca de día sobrepuesta con tonalidad 6500K-4000K según la norma DIN 5035, con su respectivo interruptor ubicado en la puerta de acceso a la subestación y otro circuito ubicado en la puerta de acceso del cuarto de tableros.

El sistema de tomacorrientes está compuesto por dos tomacorrientes, uno ubicado en el cuarto de transformación y otro ubicado en el nuevo cuarto de tableros.

En cada puerta de acceso se deberá ubicar lámparas de emergencia para señalización de las mismas en caso de una emergencia.

Todo esto se puede ver en detalle, en el plano de **Cuarto de transformador de distribución (propuesto) Lámina 8**, ubicado en los **anexos**.

- **Instalación de extintores contra incendios y señalizaciones de seguridad.**

Debido a que actualmente no hay en el cuarto de transformadores extintores se considera como propuesta en este diseño instalar extintores de 5Kg de CO₂ (dióxido de carbono), apropiados para fuegos eléctricos.

Estos extintores se colocaran cerca de las puertas de acceso al cuarto de transformación como en el área destinada a los tableros eléctricos.

FIGURA 4.2: EXTINTOR



Fuente: <http://www.google.com.ec/imágenes>

Características del equipo

Descripción: Extintores CO₂.

Cuerpo

De acero de alta calidad

Presión de prueba: PT = 250 bar.; Volumen: V = 7,5 l.

Diámetro del recipiente: D = 137 mm.

Válvula y difusor

Válvula con cuerpo de latón que además lleva una anilla de seguridad, un precinto, una maneta de apertura y control en acero, con manguera y difusor especial CO₂.

Longitud de disparo del CO₂: L = 4 m.

Agente extintor

CO2 Dióxido de Carbono – (Tol. Llenado: +0 / +5%)

Tiempo descarga: 15 s.

GAS PROPULSOR Y PRESIÓN DE SERVICIO.

CO2 Dióxido de Carbono; PS = 174 bar.

Soportes

Tipo pared, soporte transporte o armario.

Temperatura de utilización

- 20°C + 60°C.

Eficacias fuegos A, B y C.

89B - C.

Además de la instalación de un grupo de extintores también se debe instalar letreros y acrílicos de señaléticas para información de seguridad del personal y de equipos.

FIGURA 4.3: LETREROS DE SEÑALIZACIÓN



Fuente: Ficha_Técnica_Extintores

4.2.3 Cuarto de tableros

La propuesta es construir un cuarto eléctrico para aislar los tableros de personal civil, además de que con esto se puede confinar un incendio por cortocircuito sin que afecte a nadie, ya que actualmente el tablero de distribución principal “TDP” y el tablero distribución principal bloque B “TDP-Bloque B” se encuentra al aire libre, con libre acceso a cualquier persona y sin vigilancia.

Este cuarto de tableros estará ubicado junto al cuarto de transformación, donde actualmente están ubicados los tableros eléctricos ya mencionados, se deberá construir en el sitio indicado para no realizar movimientos bruscos de los tableros principales, sin existir ningún problema al disponer del espacio necesario para esto. Además recomendamos cambiar los tableros de distribución existentes por nuevos tableros tipo modulares de 200cm de altura.

El cuarto se construirá con paredes y techos de materiales de resistencia estructural adecuada a las condiciones de uso y con una resistencia mínima al fuego de tres horas como lo dice la norma NFPA 251-1995. Un elemento típico con tres horas de resistencia al fuego es el hormigón armado de 6 pulgadas (152 mm) de grosor. Ref. FM Global Property Loss Prevention Data Sheets 1-21 Fire Resistance of Building Assemblies.

La dimensiones del cuarto eléctricos serian las siguientes: 300x385x181 cm. de alto, ancho y profundidad, que cumple con todo lo indicado en las normas de este tipo de instalación, es decir presenta una distancia de trabajo entre pared y parte frontal del tablero de 1 metro y la mínimo permitido es de 0.7 metros, además van a estar separados los tableros de la pared posterior 0.1 metros y se ha contemplado una ventilación de acuerdo a la capacidad del transformador. Ref. *Instalaciones Eléctricas Tomo 1, SIEMENS Günter G. Seip, Cap. 1, 1989.*

La puerta de acceso de entrada tendrá dimensiones de 2 metros de altura con suficiente espacio para entrada y salida de los tableros, construida en plancha metálica de 1/16" de espesor, con abatimiento hacia el exterior y con la resistencia al fuego, de acuerdo a lo que señala el numeral 450.43 del NEC.

Se puede apreciar en el **Cuarto de transformador de distribución (propuesto)** **Lámina 8**, todo lo mencionado anteriormente.

Además se puede observar en los **diagramas unifilares situación propuesta, hoja 6** ubicados en los **anexos**, el detalle eléctrico de las acometidas de media tensión y de baja tensión.

4.2.4 Diseño de malla de puesta a tierra general

Actualmente la malla de puesta a tierra no cumple con los requisitos técnicos para cubrir al sistema actual, de los gradientes de potencial de tierra a niveles de tensión y corrientes, que ponen en peligro la seguridad de las personas y de los equipos bajo condiciones normales y de falla.

La propuesta es el diseño de una nueva malla de puesta a tierra que reemplace a la existente, esta malla estará diseñada bajo la Norma IEEE-80

Procedimiento de diseño:

Los pasos a ejecutar durante el diseño de mallas de puestas a tierra para una subestación son los siguientes:

Paso 1: El mapa adecuado y plano de la localización general de la subestación proporciona un buen estimativo del área para la malla. Las medidas de resistividad determinan la curva de resistividad y los datos para modelar el terreno (suelo uniforme o suelo de dos capas).

Paso 2: Determinar el tamaño del conductor de la malla. Calculando la corriente de falla monofásica que debe ser la máxima esperada en el futuro y que será conducida por cualquier conductor en el sistema de puesta a tierra, y en el tiempo de despeje máximo.

Paso 3: Determinar las tensiones tolerables de toque y de paso para personas con peso corporal de 50 kg. La selección de tiempo estará basada en el juicio del ingeniero diseñador.

Paso 4: El diseño preliminar debe incluir un anillo conductor que abarque toda el área de la puesta a tierra, más los conductores adecuados de cruce, con el fin de proporcionar el acceso conveniente de las bajantes a tierra de los equipos, etc. Los estimativos iniciales del espaciamiento de conductores y la localización de las varillas de tierra deben estar basados en la corriente de falla y el área que está siendo aterrizada.

Paso 5: Se calcula la resistencia de puesta a tierra preliminar del sistema en suelo uniforme. Para el diseño final deben hacerse cálculos más exactos, considerando las varillas de tierra si es el caso.

Paso 6: Se determina la corriente a disipar por la malla para evitar un sobredimensionamiento de la malla de puesta a tierra.

Paso 7: Si el GPR (elevación del potencial de tierra) del diseño preliminar es menor que la tensión tolerable de toque, no es necesario realizar más cálculos. Sólo se requerirá conductor adicional para proporcionar acceso a las bajantes de los equipos.

Paso 8: Si no se cumple la condición anterior, se calcula la tensión de malla y la tensión de paso para la malla con suelo uniforme.

Paso 9: Si el voltaje de malla calculado es menor que la tensión tolerable de toque, se requiere completar el diseño. Si la tensión de malla calculada es mayor que la tensión tolerable de toque, el diseño debe ser modificado.

Paso 10: Si ambas tensiones calculadas de toque y de paso son menores que las tensiones tolerables, el diseño sólo necesita los refinamientos requeridos para proporcionar acceso a las bajantes de los equipos. Si no, el diseño preliminar debe ser modificado.

Paso 11: Si se exceden las tensiones tolerables de toque y de paso, es necesaria la revisión del diseño de la malla. Estas revisiones pueden incluir espaciamientos de conductores más pequeños, varillas adicionales de tierra, etc.

Paso 12: Después de satisfacer los requerimientos de tensiones de paso y de toque, se pueden requerir varillas de tierra y malla adicional. Los conductores adicionales de malla se requieren si su diseño no incluye conductores cerca de los equipos a ser puestos a tierra. Se pueden requerir varillas adicionales en la base de los pararrayos y neutros de transformadores, etc. El diseño final también será revisado para eliminar peligros debido a potenciales transferidos y peligros asociados con áreas de interés especial.

Valores necesarios para el cálculo de la malla de tierra.

Para el diseño de una malla de puesta a tierra se necesitan los siguientes valores de importancia detallados en la tabla 4.1, como sigue:

TABLA 4.4.1: VALORES PARA EL CÁLCULO DE MALLA A TIERRA

ÍTEM	PARÁMETRO DE ENTRADA	SÍMBOLO	VALOR
1	RESISTIVIDAD DEL TERRENO (OHMIOS - METRO)	P	10,01
2	CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO ASIMÉTRICA MÁXIMA (A)	I	52.044,80
3	TIEMPO DURANTE EL CUAL CIRCULA LA CORRIENTE DE FALLA (S)	t	0,5
4	IMPEDANCIA DEL TRANSFORMADOR (%)	Z	4,6
5	VOLTAJE DEL TRANSFORMADOR (V)	V	208
6	POTENCIA DEL TRANSFORMADOR (KVA)	KVA	750
7	FACTOR DE ASIMETRÍA (X / R)	U	1.15

Fuente: Los Autores

Resistividad del Terreno

Este valor es asumido para esta malla debido a que no se tomó una medición real del terreno donde se va a construir la malla, pero debido a la cercanía del terreno con el mar así como al tipo de terreno que se pudo observar, se estableció tomar el valor de $10 \Omega / \text{mt}$, complementando con la tabla 4.2 de datos.

TABLA 4.2: RANGO DE RESISTIVIDAD DEL SUELO

TIPO DE SUELO	ρ (Ω/m)
Limos, arcillas, suelo vegetal y de cultivo	10-100
Tierra fina, turbas, concreto húmedo (suelo)	100-300
Tierra aluvial, arena firme, suelo seco	300-800
Arena eólica, lecho de río, cascajo suelo silicio	800-3000
Rocas estratificado, fracturadas, monolíticas	3000-10000
Suelos de feldespatos, micas, cuarzos	5000-30000
Concreto normal exterior (seco)	10000-50000

Fuente: ANSI / IEEE Standard 80-2000 Guide for Safety in AC Substations Grounding.

Se recomienda medir la resistividad del terreno antes de proceder con la construcción de la malla diseñada.

Todo los demás valores son tomados de valores típicos de los transformadores de este tipo, excepto el valor del tiempo en que circula la corriente de falla el cual fue tomado de los valores recomendados en otros estudios del sistema de puesta a tierra.

FIGURA 4.4: IMPEDANCIAS TÍPICAS DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA TRIFÁSICOS

Rango de Potencia (KVA)	Z%
$5 \leq ST \leq 100 \text{ KVA}$	3,50
$100 \leq ST \leq 400 \text{ KVA}$	4,00
$400 \leq ST \leq 1000 \text{ KVA}$	4,60
$ST > 1000 \text{ KVA}$	5

Fuente: ANSI / IEEE Standard 80-2000 Guide for Safety in AC Substations Grounding

Con estos datos se procedió a realizar los cálculos para diseñar la malla, estos cálculos se los puede apreciar en detalle en el **anexo “CÁLCULO DE LA RED DE TIERRAS PARA SISTEMA TRIFÁSICO, CON UNA CAPACIDAD INSTALADA EN SUBESTACIÓN DE 750 KVA, A 208 V, 3F, 3H, 60Hz.”**

La ubicación de la malla se recomienda junto al cuarto de tableros eléctricos, la disposición de la misma se puede apreciar en los **anexos en el Plano “Diseño de Malla de puesta a Tierra” Lámina 7 y la ubicación de la malla de lo puede apreciar en “Plano de implantación general Propuesto” Lámina 1.**

En el diseño se puede apreciar donde están colocadas las varillas cooperwell que de 2.4mts y que su fijación como la de los demás conductores será con soldadura exotérmica.

Además se dejara prevista una caja de revisión para poder medir la resistividad de la misma, en cada mantenimiento. Se sugiere que se de mantenimiento a esta malla dos veces al año, donde se debería medir su resistencia y la resistividad del terreno antes y después de cada mantenimiento.

La malla está enterrada 70 centímetros del nivel del concreto, y se recomienda al hacer las excavaciones preparar el terreno con algún químico para mejorar la resistividad del terreno como bentonita, sales simples, gen mejorador de continuidad u otros que según la experiencia y conocimiento del constructor sean necesarios.

Se debe conectar las malla diseñada con la malla existente del laboratorio de alta Tension para evitar, elevar las posibilidad de una Diferencia de Potencial peligrosa que surja entre estos conductores adyacentes ya sea bajo condiciones normales o anormales.

Protección Contra Descargas Atmosféricas.

Se recomienda realizar un estudio específico sobre la instalación de un sistema de protección contra descargas atmosféricas que proteja tanto este edificio, como los edificios contiguos que pertenecen a la universidad y tener un sistema de protección atmosférica completo ya que según nuestro criterio es de mucha importancia este tipo de Protecciones.

En el Bloque B objeto de nuestro estudio no se encontraron evidencia de un Sistema Contra Descargas Atmosféricas, el cual tiene como función principal interceptar, conducir y disipar la descarga principal del rayo.

Las normas que rigen en el diseño y especificaciones de este sistema de protección frente a descargas atmosféricas las establece la Asociación Nacional de Protección contra Incendios NFPA 780, y el Instituto Americano de Ingenieros Electricistas IEEE. El desarrollo tecnológico mas reciente se refleja en la norma Francesa NF-C-17-102 “Protección de las estructuras y de las zonas abiertas contra el rayo mediante pararrayos con dispositivos de cebado”.

En este documento procederemos a realizar una parte importante del estudio que es el cálculo del nivel de Protección, para ver el grado de importancia de un pararrayo en el edificio, que es el primer paso elegir un sistema de protección atmosférica adecuado, para el resto del diseño se recomienda realizar con personas especializadas en este tipo de protecciones, ya que este tema necesita gente de experiencia y de estudios especializados.

Cálculo de Nivel de Protección del Bloque B.

Con anterioridad al diseño y montaje de un sistema de protección atmosférica, debe tenerse en cuenta el riesgo que tiene la estructura en estudio a ser impactada por el rayo y a partir de él estimar el nivel de protección a adoptar.

Existen 4 niveles de protección; en el Nivel I se aplica a las construcciones de alto riesgo cuando almacenan productos explosivos o fácilmente inflamables, Nivel I+

cuando se requieren protección especial por aglomeración de personas; Nivel II se aplica en condiciones menos severas; nivel III para edificaciones de bajo riesgo o contenido de fácil recuperación.

La norma UNE 21 186, en su anexo B, recoge la guía para estimar este riesgo y el método de selección del nivel de protección, teniendo en cuenta parámetros tales como:

La frecuencia de descargas anual esperada de rayos sobre una estructura está determinada por:

$$N_d = \frac{N_k}{10} * A_e * C1 * 10^{-6}$$

Ecuación 1 Nivel de descarga por año

Donde:

N_k: Nivel isoceráunico.

A_e: Superficie colectora equivalente del edificio en m² que cubre al edificio y cierta área alrededor, siendo del orden de 3h (3 veces la altura del edificio), representada en la ecuación 3

C1 = coeficiente ambiental, relacionada con la localización relativa de las estructuras.

Para efectos de cálculos se tomo un Nivel isoceráunico de un Estudio del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad en Subestación del Sistema Nacional de Trasmisión desarrollado en la Escuela Politécnica Nacional en el año 2008 donde indica que mediante datos de la Dirección de Aviación a través de su base de datos del monitoreo del clima se pudo establecer niveles isoceráunicos son presentados por un número promedio-anual de descargas atmosféricas que se presentan en el país.

Como estadística se toma como referencia un Nivel isoceráunico en Guayaquil de 5 para efectos de nuestro cálculo.

$$N_k = 5$$

Considerando las siguientes dimensiones para el bloque B obtenidas desde el plano de implantación general:

Dimensiones Generales

Largo (L): 23 metros

Ancho (W): 60 metros

Altura (H): 18 metros

$$Ae = L * W + 6 * H(L + W) + 9\pi H^2$$

Ecuación 2 Superficie equivalente del sector

$$Ae = 23 * 60 + 6 * 18(23 + 60) + 9\pi 18^2$$

$$Ae = 19504,88m^2$$

El coeficiente ambiental se obtiene de la Tabla 4.3 mostrada a continuación:

TABLA 4.3: DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE AMBIENTAL

Localización relativa de estructuras	C1
Estructura localizada en un espacio donde hay otras estructuras o arboles de la misma altura o más alto.	0.25
Estructura rodeadas por estructuras bajas	0.5
Estructuras aisladas, no hay otras estructuras en una distancia menor 3H	1
Estructura aislada en la cumbre de una colina	2

Fuente: NFC 17-102

Para este caso se trata de una estructura rodeada por estructuras bajas, por lo tanto C1= 0.5.

De acuerdo con lo anterior tenemos:

$$N_d = \frac{5}{10} * 19504,88 * 0.25 * 10^{-6}$$

$$N_d = 0.0048$$

Mientras que el valor aceptable de la frecuencia anual de rayos, Nc está determinada por:

$$N_c = \frac{5.5 * 10^{-3}}{C_2 * C_3 * C_4 * C_5}$$

Ecuación 3 Frecuencia anual de rayos

Donde:

C2: Coeficiente estructural – Tabla 4.4

C3: Coeficiente de la estructura – Tabla 4.5

C4: Ocupación del edificio – Tabla 4.6

C5: Consecuencia de la caída del rayo – Tabla 4.7

TABLA 4.4: DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE ESTRUCTURAL

Estructura	Techo o tejado		
	Metálica	Común	Inflamable
Metálica	0.5	1	2
Común	1	1	2.5
Inflamable	2	2.5	3

Fuente: NFC 17-102

TABLA 4.5: DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DEL CONTENIDO DE LA ESTRUCTURA

Contenido de la estructura	
Sin valor no inflamable	0.5
Valor común o normalmente inflamable	1
Alto valor o articuladamente inflamable	2
Valor excepcional altamente inflamable, explosivo	3

Fuente: NFC 17-102

TABLA 4.6: DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DE OCUPACIÓN DE LA ESTRUCTURA

Ocupación de la estructura	
Desocupada	0.5
Normalmente ocupada	1
Evacuación dificultosa o riesgo de pánico	3

Fuente: NFC 17-102

TABLA 4.7: COEFICIENTE DE CONSECUENCIAS DE LA CAÍDA DEL RAYO

Consecuencias del la caída de un rayo	
Continuidad del servicio no requerido y ninguna consecuencia en el ambiente	1
Continuidad del servicio requerido y ninguna consecuencia en el ambiente	5
Consecuencia en el ambiente	10

Fuente: NFC 17-102

Con esta información se conoce N_c :

$$N_c = \frac{5.5 * 10^{-3}}{1 * 1 * 1 * 1}$$

$$N_c = 0.0055$$

Ahora se calcula la eficiencia del sistema:

$$E = 1 - \frac{N_c}{N_d}$$

$$E = 1 - \frac{0.0055}{0.0048}$$

$$E = 1.127$$

Con la tabla siguiente se escoge el nivel de protección asociado a la eficiencia calculada:

TABLA 4.8: TIPOS DE NIVEL DE ACUERDO A VALORES CRÍTICOS DE E INEFECTIVO CORRESPONDIENTES.

E calculado	Nivel de protección asociado	Corriente pico I(KA)
$E > 0.98$	Nivel I +	-----
$0.95 < E \leq 0.98$	Nivel I	2.8
$0.8 < E \leq 0.95$	Nivel II	9.5
$0 < E \leq 0.8$	Nivel III	14.7

Fuente: NFC 17-102

De acuerdo a los valores encontrados nos encontramos en el nivel 1+, comprobamos que es alto el nivel de protección que necesita por lo que se vuelve muy necesario realizar el estudio ya mencionado con anterioridad, además de la cercanía al mar hace que índice de caída de rayos se incremente y el edificio esta mas expuesto a los rayos.

Para realizar un correcto estudio de sistema de pararrayos, se recomienda seguir los siguientes parámetros:

Protección

En la etapa de diseño y montaje se han de tener en cuenta los sistemas externos e internos, conforme a la disposición de los elementos; de manera que, a su vez, se minimicen los fenómenos de inducción por la cercanía entre las bajantes a tierra y las estructuras, que pueden dar lugar a la formación de bucles abiertos con estructuras tales como, tuberías de agua, calefacción central, alimentación eléctrica, etc., teniendo en cuenta que para la situación de los elementos captadores es preciso conocer la evolución de la descarga y manejar métodos tales como:

- Angulo de protección
- Esfera rodante (distancia de cebado)
- Mallado o retícula (dimensión de la malla).

Derivados de la teoría de los modelos electrogeométricos.

Se debe realizar un estudio específico con el método escogido; además de contener los elementos principales que se mencionan a continuación:

Antenas de Captación

La función principal de una antena de captación, terminal aéreo, o punta final, es capturar el rayo hacia un punto preferencial, de tal modo que la corriente de descarga pueda dirigirse a través de los conductores descendentes hacia el sistema de puesta a tierra. La punta superior de las antenas de captación o varilla pararrayos, debe estar a

una altura mínima de 2m por encima del objeto a proteger, y distanciadas de acuerdo al radio de protección.

Los terminales de aire están diseñados para recibir la descarga eléctrica del rayo.

Todos los terminales de aire que se empleen, su fabricación deben ser certificadas por U.L. y que cumpla con el Standard UL 96.

El conductor de bajada de los terminales de aire

La función de un conductor de bajada es proporcionar una vía de baja impedancia desde la punta captadora al sistema de puesta a tierra de tal forma que la corriente del rayo pueda dirigirse hacia la tierra sin el desarrollo de voltajes excesivamente altos.

A fin de disminuir la posibilidad de chispas peligrosas (arqueos no controlables), las rutas del conductor descendente deber ser tan directas como sea posible sin curvas pronunciadas o puntos de esfuerzo en los cuales se incrementa la inductancia y, por lo tanto, la impedancia, bajo condiciones de impulso.

Sistemas de Electrodo de Tierra para Pararrayos.

Los electrodos de tierra pueden ser varillas de tierra individuales o un anillo conductor. Para nuestro sistema utilizamos el sistema de varillas de tierra individuales. Es sistema de tierra para rayo no debe ser el sistema de puesta a tierra de la planta, pero si debe estar conectado a este como se indica en la sección 250-106 del NEC y el NFPA 780 numeral 2.

El NEC 250 establece como máxima impedancia a tierra un valor de 25 ohm, la resistividad del suelo influye en el arreglo de electrodos a tierra propuesto.

A continuación se muestra el cálculo de resistencia base para arreglos de varillas a tierra con la separación entre varillas mayos que la longitud de estas:

Resistencia Base:

$$R_B = \frac{3.28 * \rho * \ln\left(\frac{2L}{r}\right)}{2 * \pi * N * L}$$

Ecuación 4 Resistencia Base de varillas a tierra

Donde:

ρ : Resistividad aparente del terreno.

L: Largo de la varilla.

S: Separación entre varillas.

R: Radio de la varilla.

N: Número de varillas.

D: Diámetro de varilla.

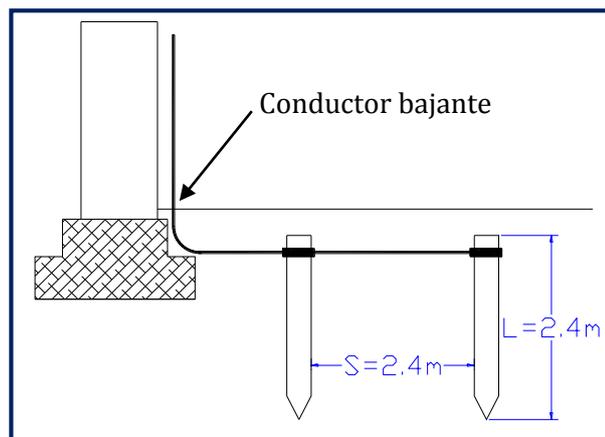
Para varillas de 5/8" x 8' y separadas 8' la resistencia base es:

$$R_B = 0.2095 * \rho$$

Ecuación 5 Resistencia Base de 2 varillas a tierra separadas 2.4 m

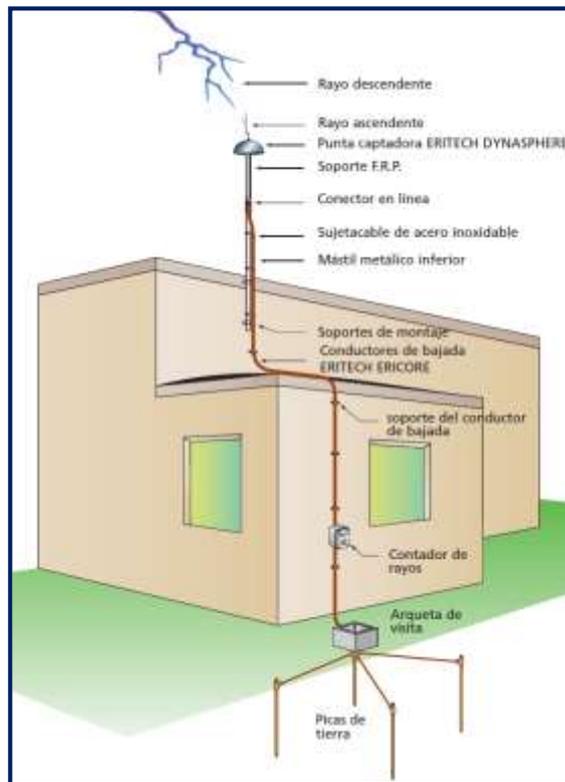
Tomando referencia que la resistividad del terreno $\rho=8.6 \Omega\text{-m}$ obtenemos $R_B= 1.8\Omega$, cumpliendo con lo establecido de no mayor a 25Ω .

FIGURA 4.5: ARREGLO DE VARILLAS DE UN SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA RAYOS.



Fuente: Los Autores

FIGURA 4.6: VISTA DE EDIFICIO CON ARREGLO DE VARILLAS DE UN SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA RAYOS.



Fuente: <http://www.ealuro.com/ea1gx/normaUNE21186.pdf>

Con esta información general pretendemos dar una guía para la realización de un diseño más amplio que debería incluir todos los edificios de la universidad y que se escoja de todos los métodos que hay el idonio y factible por la disponibilidad local, para la protección eficaz de los edificios contra descargas atmosféricas.

4.2.5 Modificación de luminarias para las aulas del edificio

Se pudo verificar mediante mediciones realizadas en sitio con un luxómetro MINOLTA Modelo TL-1, que debido a sombras y la falta de lámparas en las aulas, el nivel de iluminación no es el ideal para aulas y laboratorios, por lo que se diseñara una nueva distribución de lámparas para que se obtenga el nivel apropiado de iluminación.

Según diversos estudios de luminotécnica y la norma internacional ISO 8995:2002/CIE S008-2001, IDT se indica que el valor mínimo de nivel de

iluminación de las aulas y laboratorios es de 500 Lux (Aulas para clases nocturnas y de educación de adultos, verificar en la tabla 4.4). Y según las mediciones obtenidas en sitio el promedio fue de 190 Lux, en todas las aulas y laboratorios.

FOTOGRAFÍA 4.1: MEDICIÓN DE INTENSIDAD LUMÍNICA EN EL CENTRO DEL AULA DE CLASES



FOTOGRAFÍA 4.2: MEDICIÓN DE INTENSIDAD LUMÍNICA EN EL EXTREMO DEL AULA DE CLASES



Fuente: Los Autores

FOTOGRAFÍA 4.3: VALOR OBTENIDO DE LA MEDICIÓN REALIZADA CON EL LUXOMETRO MARCA MINOLTA



Fuente: Los Autores

TABLA 4.9: TAREAS Y ACTIVIDADES EN ÁREAS INTERIORES CON ESPECIFICACIONES DE LA ILUMINANCIA, LA LIMITACIÓN DEL DESLUMBRAMIENTO Y LA CUALIDAD DE COLOR.

© NC

NC-ISO 8995/CIE S 008: 2003

Tipo de interior, tarea o actividad	\bar{E}_m lux	CUD_L	R_a	Notas
Museos (general)	300	19	80	Iluminación adecuada para los requisitos de exposición; proteger contra los efectos de la radiación
26. BIBLIOTECAS				
Estanterías (de libros)	200	19	80	
Áreas de lectura	500	19	80	
Mostradores	500	19	80	
27. PARQUEOS PÚBLICOS (interiores)				
Rampas ent./sal. (durante el día)	300	25	40	Los colores de seguridad serán reconocibles
Rampas ent./sal. (durante la noche)	75	25	40	Los colores de seguridad serán reconocibles
Sendas de tránsito	75	25	40	Los colores de seguridad serán reconocibles
Áreas de parqueo	75	28	40	Una iluminación vertical alta aumenta el reconocer los rostros de las personas y, por lo tanto la sensación de seguridad
Oficina de entrada	300	19	80	1. Evitar reflexiones en las ventanas. 2. Prevenir el deslumbramiento desde el exterior
28. EDIFICIOS EDUCACIONALES				
Local de juegos (escuela)	300	19	80	
Aula de pre-escolares	300	19	80	
Aula de habilidades pre-escolares	300	19	80	
Aulas, locales de profesores	300	19	80	La iluminación debe ser controlable (regulable)
Aulas para clases nocturnas y de educación de adultos	500	19	80	
Salas de lectura	500	19	80	La iluminación debe ser controlable (regulable)
Pizarras, pizarrones	500	19	80	Evitar reflexiones especulares
Mesa de demostraciones	500	19	80	En salas de lectura, 750 lux
Locales de artes y oficios	500	19	80	
Locales de artes (en escuelas de arte)	750	19	90	$T_{col} > 5\ 000\ K$
Salas de dibujo técnico	750	16	80	

Fuente: ISO 8995:2002/CIE S008-2001

Debido a esto que en cada aula se debe aumentar el número de lámparas a 9 unidades, con la misma potencia de las actuales y su mismo flujo luminoso (Potencia: 2x32Watts, Flujo Luminoso: 2850 Luxes), con esto tenemos los siguientes resultados.

Resultados:

Iluminación media: 515 Lux.

Iluminación máxima: 748 Lux.

Iluminación mínima: 282 Lux.

FIGURA 4.7: VALORES CARACTERÍSTICOS DE LÚMENES OBTENIDOS

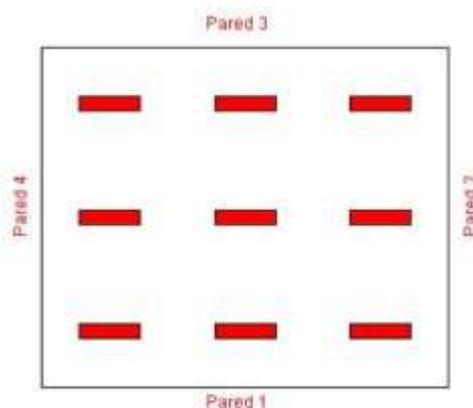
VALORES CARACTERISTICOS OBTENIDOS	
Iluminancia Media (Emed):	515 lux
Iluminancia Máxima (Emáx):	748 lux
Iluminancia Mínima (Emin):	282 lux
Uniformidad G1 (Emin / Emed):	1 : 1.8
Uniformidad G2 (Emin / Emáx):	1 : 2.7
Flujo Total de Lámparas:	25650 lm
Flujo Total por Unidad de Area:	442 lm/m ²
Potencia eléctrica Total:	0.81 kW
Potencia Eléctrica Específica:	13.96 W/m ²

Fuente: Software Lumen LUX Versión 2.0 2005

Estos resultados están en base a un plano de trabajo de 90cm respecto al piso, que es el área de verdadero uso del alumbrado más o menos a nivel de los pupitres. Con esto podemos ver que el valor de Iluminación media si cubre al mínimo de iluminación media que es de **515 Lux**, valor que cumple con la norma ya mencionada.

La distribución de luminarias está definida como se indica en el siguiente grafico:

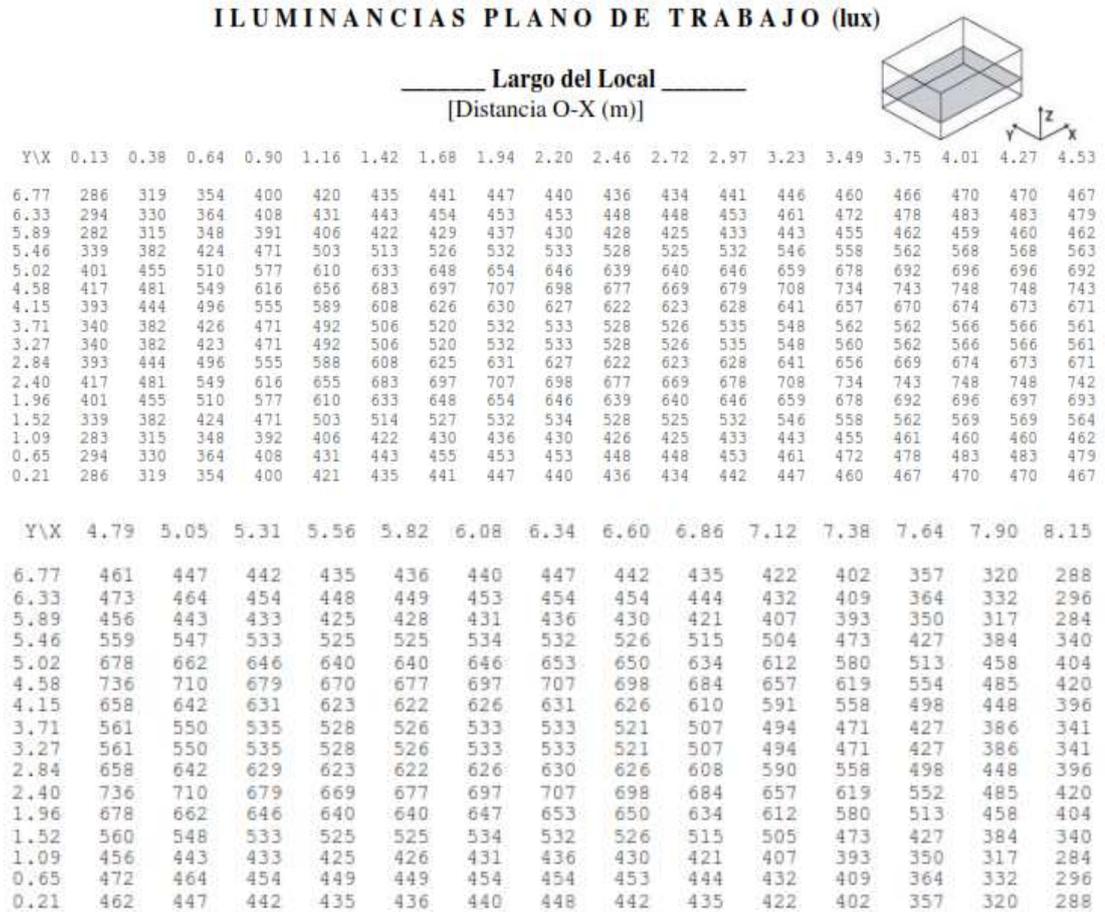
FIGURA 4.8: DISTRIBUCIÓN DE LUMINARIAS EN AULAS DE CLASES



Fuente: Software Lumen LUX Versión 2.0 2005

La distribución de luxes en cada punto del aula cuyas dimensiones generales son Largo: 8.3metros Ancho: 6.99 metros Altura: 3.5metros, se muestran en los siguientes gráficos:

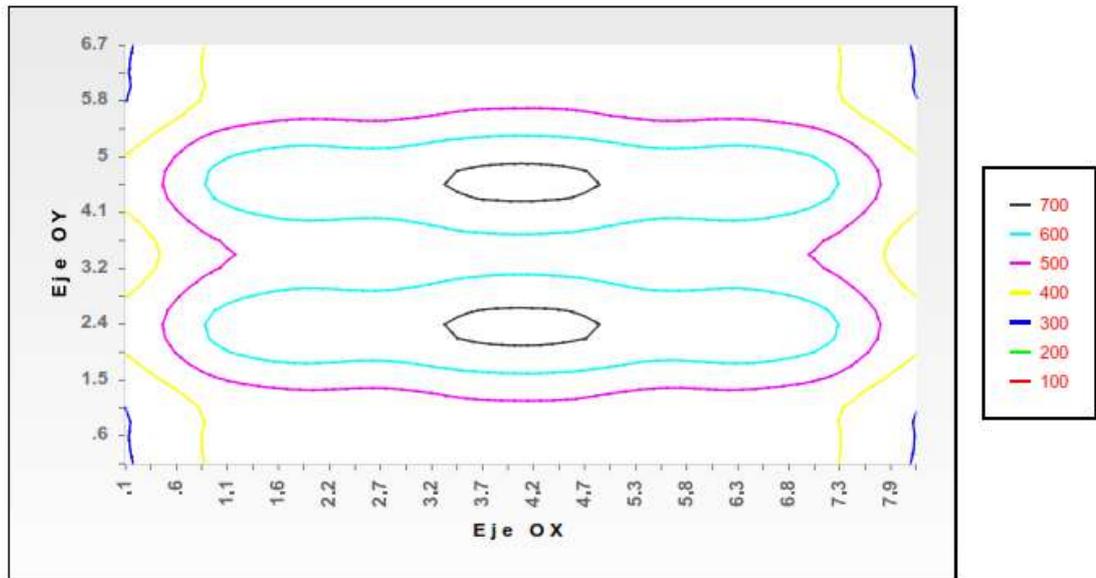
FIGURA 4.9: ILUMINANCIAS EN EL PLANO DE TRABAJO



Fuente: Software Lumen LUX Version 2.0 2005

Además podemos visualizar con una grafica ISO lux sobre el plano de trabajo la densidad del espectro luminoso en toda el área de diseño.

FIGURA 4.10: DENSIDAD DE ESPECTRO LUMINOSO EN EL PLANO DE TRABAJO



Fuente: Software Lumen LUX Version 2.0 2005

Cabe recalcar que por razones de ser más exactos con nuestros cálculos utilizamos el software Gratuito LumenLUX versión 2.0, 2005, realizado por la compañía de Luminarias LUMENAC S.A., que distribuye este software gratuito en su página de internet www.lumenac.com, con la única finalidad de orientar a sus clientes y amigos para resolver sus cálculos luminotécnicos de manera más exacta y eficiente.

4.2.6 Diseño para la instalación de los nuevos laboratorios y sus servicios generales.

En el sótano se instalarán nueve laboratorios y dos oficinas, como se describe en la tabla 4.10, esto incluye eléctricamente muchas nuevas cargas, de diversos tipos, iluminación general y de emergencia, tomacorrientes de diferentes tipos, centrales acondicionadoras de aire, cargas especiales de los laboratorios que ingresarán al sistema eléctrico, y en donde se requiere un diseño en detalle y un nuevo cálculo de carga.

Este compendio de nuevas cargas da como resultado la instalación de nuevos tableros y paneles de distribución.

Desde el tablero de distribución principal TDP, se instalará una acometida para el tablero de distribución laboratorios del sótano - TD-Lab. Sótano -, esta acometida está compuesta por 2 conductores #4/0 Superflex para cada fase, un conductor #4/0 Superflex para la tierra y un conductor #4/0 Superflex para el neutro, esta acometida será llevada por un recorrido aéreo por medio de una tubería metálica rígida galvanizada de 3” desde el cuarto de tableros eléctricos nuevo hasta el sótano, como lo indica el **plano de implantación – Sótano Propuesto, Lámina 2, 2.1, 2.2, 2.3** ubicado en los **anexos**.

El tablero TD-Lab. Sótano, esta constituidos por 2 módulos, cada uno de 200 cm de alto, 60 cm de ancho y 60 cm de profundidad, con cauchos para evitar entrada de polvo, puertas con bisagras y manijas tipo industriales, y una característica importante de estos tableros es que posean una placa metálica que cubra los bornes activos que cada disyuntor principal tenga conectado a los paneles que alimentan las cargas de los nuevos laboratorios y nuevas oficinas, como se lo puede apreciar en los **anexos** en los **diagramas unifilares situación propuesta**, en la **hoja 5**.

TABLA 4.10: LISTADO DE LABORATORIOS, OFICINAS Y PANELES

LABORATORIO	PISO	PANELES
LAB. INSTALACIONES INDUSTRIALES	SÓTANO	PD-LAB. INSTALACIONES INDUSTRIALES
LAB. INSTALACIONES CIVILES	SÓTANO	PD-LAB. INSTALACIONES CIVILES
LAB. DE FÍSICA	SÓTANO	PD-LAB. DE FÍSICA
LAB. DE CONTROL AUTOMATICO	SÓTANO	PD-LAB. DE CONTROL AUTOMATICO
LAB. DE MÁQUINAS Y HERRAMIENTAS	SÓTANO	PD-LAB. DE MAQUINAS Y HERRAMIENTAS
LAB. DE HIDRÁULICA Y NEUMÁTICA	SÓTANO	PD-LAB. DE HIDRÁULICA Y NEUMATICA
LAB. DE METROLOGÍA	SÓTANO	PD-LAB. DE METROLOGÍA

LAB. DE RESISTENCIA DE MATERIALES	SÓTANO	PD-LAB. DE RESISTENCIA DE MATERIALES
LAB. DE QUÍMICA	SÓTANO	PD-LAB. DE QUÍMICA
OFICINA LABORATORISTA	SÓTANO	S/P
OFICINA Y BODEGA	SÓTANO	S/P

Fuente: Los Autores

Las cargas individuales de cada panel de laboratorio, se puede apreciar en los anexos de Planillajes de cada laboratorio, además la ubicación que cada tablero y cargas se observa en el **plano de implantación del Sótano - Propuesto, Lámina 2.1, 2.2, 2.3** adicionando a las cargas propias de cada laboratorio, cargas auxiliares como la de las centrales de aire.

Las nuevas centrales de aire van una por cada laboratorio, todas estas centrales son alimentadas del tablero de distribución Sótano TD-SOTANO.

El tablero TD-Sótano esta constituidos por 2 módulos, cada uno de 200 cm de alto, 60 cm de ancho y 60 cm de profundidad, con cauchos para evitar entrada de polvo, puertas con bisagras y manijas tipo industriales, se señala nuevamente la característica de estos tableros: que posean una placa metálica que cubra los bornes activos de cada disyuntor principal.

El tablero TD-Sótano es alimentado por una acometida que viene desde el TDP-Bloque “B” y está compuesta por un conductor #350MCM Superflex para cada fase, un conductor #250MCM Superflex para el neutro y un conductor #250MCM Superflex para la tierra, esta acometida será llevada por un recorrido parte subterráneo con tubería PVC pesado de 3” y parte aéreo por medio de una tubería metálica rígida galvanizada de 3” desde el cuarto de tableros eléctricos nuevo hasta el sótano como lo indica el **plano de implantación – Sótano Propuesto**, ubicado en los **anexos**.

Como punto final de las nuevas cargas, se va a instalar un panel de distribución el PD-Sótano, que alimentará todos los circuitos de alumbrado de los laboratorios y del pasillo, también los tomacorrientes de servicio general, sistemas de red y alumbrado de emergencia, la acometida de este tablero viene del tablero de distribución principal TDP, esta acometida que estaría conformada por un conductor #1/0 Superflex para cada fase, un conductor #2 Superflex para el neutro y un conductor #2 Superflex para la tierra esta acometida será llevada por un recorrido parte subterráneo con tubería PVC pesado de 3” y parte por un recorrido aéreo por medio de una tubería metálica rígida galvanizada de 2” desde el cuarto de tableros eléctricos nuevo hasta el sótano como lo indica el **plano de implantación – Planta baja Propuesto**, ubicado en los **anexos**.

La disposición de estas cargas se las puede ver en el **plano de implantación del Sótano - Propuesto, Lámina 2, 2.1, 2.2, 2.3** ubicado en los **anexos**.

El cálculo de carga y la potencia de cada uno de estos circuitos se los puede apreciar en los **diagramas unifilares situación propuesta** y en los **planillajes situación propuesto** encontrados en los anexos.

Toda la distribución eléctrica entre tableros y paneles será por medio de canaletas tipo escalerillas de 40 cm de ancho por 10 cm de alto, cada canaleta llevará su respectiva tapa, y tanto canaleta como tapa serán galvanizadas en frío, estas canaletas serán soportados por canales troquelados y varillas roscadas de ½” instaladas cada metro, haciendo un soporte colgante.

El recorrido de las acometidas de los paneles a las cargas finales será por medio de tubería metálicas EMT, en las cargas de alumbrado y en los tomacorrientes y cargas que se instalaran a cerca del piso será por medio de canaletas plásticas lo suficientemente dimensionada para llevar cada acometida.

Para apreciar y verificar protecciones, acometidas y capacidades de las cargas detalladamente se debe examinar en los anexos todo el grupo de diagramas Unifilares y Planillajes Situación Propuesta, que además entre sus primeras hojas

posee un dibujo esquemático de la disposición y el orden que sigue todo el sistema eléctrico del edificio propuesto.

Según los cálculos realizados en los planillajes, la carga instalada en el Transformador Trifásico NUEVO es de **1086,88 KW**.

La demanda máxima calculada es de **456.49 KW**.

Según los cálculos realizados en los **Planillajes situación propuesta** adjuntos en los **anexos**.

CONCLUSIONES

- El presente estudio se ha realizado aplicando las normativas apropiadas para eliminar las no – conformidades técnicas y de seguridad existentes en el sistema eléctrico que actualmente presta servicio al Edificio del Bloque B.
- En general, el estado actual de las instalaciones eléctricas no presenta condiciones altamente riesgosas:
 - 1.- No existencia de señales de seguridad en subestación y Iluminación.
 - 2.- Tablero eléctricos instalados a la intemperie.
 - 3.- Falta de extintores contra incendios.
 - 4.- Mal instalación de la malla de puesta a tierra.
- No existe comunicación visual orientada al equipamiento eléctrico (apartado 3.5.2.1 Análisis de Riesgo Subestación de Transformación).
- No existe una buena práctica de mantenimiento preventivo. No existe información técnica del sistema eléctrico.
- El nuevo cálculo de carga por la construcción de los nuevos laboratorios y oficinas en el sótano deberá de ser una aplicación exacta en medición e implementación de nuevos equipos de paneles y tableros para no incurrir en

niveles de riesgos que provoquen fallas y deterioro de las instalaciones relativamente nuevas.

- La programación de las obras descritas y de las inversiones necesarias se pueden modificar de acuerdo a las prioridades que la Universidad establezca.
- El análisis de riesgos, realizado por el método FINE, dio como resultado riesgos notables que fueron considerados en el apartado 3.5.
- El levantamiento de información como su propuesta de mejora se encuentran diseñado en los anexos del presente trabajo, su explicación al detalle logrará su implementación.

RECOMENDACIONES

- La propuesta está diseñada para el mejoramiento de las instalaciones eléctricas del edificio del Bloque B, la implementación dará como resultado la renovación de los ambientes y la extensión de su vida útil. Con el programa de mantenimiento se evitará tomar medidas correctivas en marcha, el proceso preventivo se encuentra inmerso en cada apartado descrito. La recomendación general es la aplicación de todos los procedimientos descritos en cada esquema capitular, el resultado sería elevar el nivel de seguridad del sistema eléctrico del edificio del Bloque B, de acuerdo a su utilización.

BIBLIOGRAFÍA

- NATSIM 2001, NORMAS DE ACOMETIDAS CUARTOS DE TRANSFORMACIÓN Y SISTEMAS DE MEDICIÓN PARA EL SUMINISTRO DE ELECTRICIDAD
- GERDIPAC Industrial eirl, Bandejas Portacables, <http://www.gerdipac.com.pe/DATOS%20TECNICOS%20BANDEJAS%20PORTACABLE.pdf>
- TEKNOMEGA, Barras de Cobre y Aluminio, <http://www.teknomega.es/departamento-paneles/barras-cobre-y-aluminio>
- MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS. Dirección General de Electricidad, Código Nacional de Electricidad, 19/05/1978, <http://intranet2.minem.gob.pe/web/archivos/dge/legislacion/codigonacional/codigo1.pdf>
- PRIETO Ricardo, Conocimientos Básicos de Electricidad, http://ricardo.prieto.es/mediapool/61/615322/data/TECNOLOGIA_ELECTRICA0001.pdf
- Electricidad Básica, http://www.google.com.ec/#q=conceptos+basicos+de+electricidad&ei=KCamUaWaH4nK9QSrroCgCw&sqi=2&start=20&sa=N&fp=1&biw=1301&bih=620&bav=on.2,or.r_qf.&cad=b,s/f
- AGUIRRE Luis, y HERRERA, Germán, ANÁLISIS DE CARGA DEL HOSPITAL SAN VICENTE DE PAÚL DE LA CIUDAD DE IBARRA Y PROPUESTA PARA EL CUMPLIMIENTO DE LA CALIDAD DE ENERGÍA SEGÚN REGULACIÓN No. CONELEC 004/01, Julio2010, <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/35773/FECYT%20933%20TESIS%20FINAL.pdf>
- La Guía MetAs, ¿Qué es el factor de potencia?, Febrero 2010, http://www.metas.com.mx/guiametas/La-Guia-MetAs-10-02_factor_de_potencia.pdf
- Sistema de Puesta a Tierra, Editora ProCobre México.

- UNIVERSIDAD POLITÉCNICA MADRID, Riesgo Eléctrico Bajo Control, <http://www.upm.es/sfs/Rectorado/Gerencia/Prevencion%20de%20Riesgos%20Laborales/Informacion%20sobre%20Prevencion%20de%20Riesgos%20Laborales/Manuales/folleto%20laboratorios%20el%C3%A9ctricos%2021nov2006.pdf>
- ROLDÁN José, *Automatismos Industriales*, 1^{ra}. Edición, Editorial Paraninfo, Madrid-España, 2009
- CALLE, Henry, y CASTILLO, Patricio, *Evaluación y Prevención de Riesgos Eléctricos en una Subestación*, Tesis ESPOL Facultad de Ingenierías de Electricidad y Computación, Guayaquil, 2010



ANEXO



ANEXO 1 DIAGRAMAS UNIFILARES ACTUALES



ANEXO 2 A PLANILLAJES ACTUALES



ANEXO 3 ANÁLISIS DE RIESGO



ANEXO 4 A: LISTA DE CHEQUEO
PARA LA INSPECCIÓN DE
SEGURIDAD EN LA SUBESTACIÓN
ELÉCTRICA



**ANEXO 5 A1: TABLA GENERAL DE
VALORIZACIÓN DE RIESGOS EN LA
SUBESTACIÓN DE
TRANSFORMACIÓN**



**ANEXO 6 B: LISTA DE CHEQUEO
PARA LA INSPECCIÓN DE
SEGURIDAD EN LAS AULAS PB**



ANEXO 7 B1: TABLA GENERAL DE VALORIZACIÓN DE RIESGOS EN LAS AULAS PB



**ANEXO 8 C: LISTA DE CHEQUEO
PARA LA INSPECCIÓN DE
SEGURIDAD EN LAS AULAS PISO #1**



**ANEXO 9 C1: TABLA GENERAL DE
VALORIZACIÓN DE RIESGOS EN
LAS AULAS PISO #1**



**ANEXO 10 D: LISTA DE CHEQUEO
PARA LA INSPECCIÓN DE
SEGURIDAD EN LAS AULAS PISO#2**



**ANEXO 11 D1: TABLA GENERAL
DE VALORIZACIÓN DE RIESGOS
EN LAS AULAS PISO #2**



ANEXO 12 E: LISTA DE CHEQUEO PARA LA INSPECCIÓN DE SEGURIDAD EN LOS LABORATORIOS



ANEXO 13 E1: TABLA GENERAL DE VALORIZACIÓN DE RIESGOS EN LOS LABORATORIOS



ANEXO 14 DIAGRAMAS UNIFILARES SITUACIÓN PROPUESTA



ANEXO 15 PLANILLAJES SITUACIÓN PROPUESTA



ANEXO 16 CÁLCULO DE LA RED DE TIERRA PARA SISTEMA TRIFÁSICO



ANEXO 17 PLANOS IMPLANTACIÓN ACTUALES

ANEXO 17. 1 LÁMINA 1

ANEXO 17. 2 LÁMINA 2

ANEXO 17. 3 LÁMINA 2.1

ANEXO 17. 4 LÁMINA 3

ANEXO 17. 5 LÁMINA 3.1

ANEXO 17. 6 LÁMINA 3.2

ANEXO 17. 7 LÁMINA 4

ANEXO 17. 8 LÁMINA 4.1

ANEXO 17. 9 LÁMINA 4.2

ANEXO 17. 10 LÁMINA 5

ANEXO 17. 11 LÁMINA 5.1

ANEXO 17. 12 LÁMINA 5.2

ANEXO 17. 13 LÁMINA 6

ANEXO 17. 14 LÁMINA 6.1

ANEXO 17. 15 LÁMINA 6.2

ANEXO 17. 16 LÁMINA 7

ANEXO 17. 17 LÁMINA 8



ANEXO 18 PLANOS IMPLANTACIÓN PROPUESTOS

ANEXO 18. 1 LÁMINA 1

ANEXO 18. 2 LÁMINA 2

ANEXO 18. 3 LÁMINA 2.1

ANEXO 18. 4 LÁMINA 2.2

ANEXO 18. 5 LÁMINA 2.3

ANEXO 18. 6 LÁMINA 3

ANEXO 18. 7 LÁMINA 4

ANEXO 18. 8 LÁMINA 5

ANEXO 18. 9 LÁMINA 6



ANEXO 19 DISEÑO DE MALLA DE PUESTA A TIERRA

ANEXO 19 1 LÁMINA 7



**ANEXO 20 CUARTO DE
TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCIÓN
PROPUESTO**

ANEXO 20. 1 LÁMINA 8