

**ESTUDIO, LEVANTAMIENTO Y REDISEÑO DE LAS INSTALACIONES
ELÉCTRICAS DEL EDIFICIO DE LA CRUZ ROJA SECCIONAL SANTANDER**

FABIAN DARIO RAMIREZ ALBARRACIN

YESSICA MELISSA MONROY ORTEGA

YULY PAOLA GONZALEZ MORALES

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES**

BUCARAMANGA

2012

**ESTUDIO, LEVANTAMIENTO Y REDISEÑO DE LAS INSTALACIONES
ELÉCTRICAS DEL EDIFICIO DE LA CRUZ ROJA SECCIONAL SANTANDER**

FABIAN DARIO RAMIREZ ALBARRACIN

YESSICA MELISSA MONROY ORTEGA

YULY PAOLA GONZALEZ MORALES

**Proyecto de Grado presentado como requisito parcial para optar el título de
ingeniero electricista**

Director

Ing. CIRO JURADO JEREZ

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES**

BUCARAMANGA

2012

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos este momento al gestor universal, promotor de las grandes ideas y formación de las estructuras que nos unen que nos da vida "Dios"

Agradecemos a los primeros gestores de nuestra vida por su acompañamiento y permanencia, a ellos nuestros padres, hermanos y familia.

Agradecemos a los gestores de nuestra formación y desarrollo personal a los inspiradores, dignos de admiración, docentes y amigos.

Y finalmente a este claustro cuyos conocimientos orientados a nuestro proceso profesional han permitido el logro, el momento culmen y augurio de éxito en una profesión para el beneficio de una comunidad en general.

"Para que pueda surgir lo posible es preciso intentar una y otra vez lo imposible. Herman Hesse"

SIGLAS Y ABREVIATURAS

A.T.: Alta Tensión.

AWG: Galga Americana (American Wire Gage.)

B.T.: Baja Tensión.

c.a.: Corriente alterna.

c.c.: Corriente continua.

DPS: dispositivo de protección contra sobre-tensión

ESSA: Electrificadora de Santander S.A.[2].

f.p.: Factor de potencia.

F_c= Factor de Corrección para transformadores y circuitos o trifásicos

Hz: Hertz (Unidad de medida de Frecuencia)

I: Intensidad de corriente eléctrica.

ICONTEC: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación.

IEEE: Instituto de Ingenieros Electricistas y Electrónicos (Institute of Electrical and Electronic Engineers).

KG= Constante de regulación del conductor

L= Longitud del conductor m

M.T.: Media Tensión.

NTC 2050: Norma Técnica Colombiana 2050. Código Eléctrico Colombiano, ICONTEC 2002

Pp: Pérdidas de potencia.

R: Resistencia en Ohm.

RETIE: Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas [4].

RETILAP: Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público [1].

S= Demanda máxima VA

SI: Sistema Internacional de Unidades.

URG: Índice de Deslumbramiento Unificado

V: Volts (Unidad de medida de tensión).

VA: Volt-Amperes (Unidad de medida de potencia aparente).

ρ : Resistividad.

$^{\circ}\text{C}$: Grados Celsius (Unidad de medida de temperatura).

Ω : Ohm (Unidad de medida de resistencia Eléctrica)

$\delta\%$ = Valor de la regulación en porcentaje

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	28
1. GENERALIDADES.....	29
1.1 OBJETIVOS.....	29
1.1.1. OBJETIVO GENERAL.....	29
1.1.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	29
1.2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	30
1.2.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	30
1.2.2. JUSTIFICACIÓN.....	31
1.2.3. ALCANCE.....	32
2. MARCO TEÓRICO.....	33
2.1. DEFINICIONES [1], [2], [6].....	33
2.2. NIVELES DE ILUMINACIÓN [1].....	39
2.2.1. REQUISITOS GENERALES DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN.....	40
2.2.2. GENERALIDADES DEL DISEÑO DE ILUMINACIÓN.....	40
2.2.3. EL PROCESO DE DISEÑO DE ILUMINACIÓN.....	42
2.2.4. DISEÑO DE ALUMBRADO INTERIOR.....	43
2.2.5. CÁLCULO PARA ILUMINACIÓN INTERIOR.....	48
2.3 REGULACIÓN DE TENSIÓN. [2].....	56
2.3. PUESTA A TIERRA.....	58
2.4.1 OBJETIVO Y FUNCIONES DE UN SISTEMA DE PUESTA A TIERRA [4]....	59
2.4.2 MEDICIÓN DE RESISTIVIDAD [4], [5].....	59
2.4.3 MEDICIÓN DE LA RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA [4], [5].....	61
2.5 PÉRDIDAS DE POTENCIA Y ENERGÍA [2].....	64
2.6 SELECCIÓN DE LOS CONDUCTORES ELÉCTRICOS [2], [6].....	65
2.6.1 SELECCIÓN DEL CONDUCTOR DE CIRCUITOS RAMALES.....	66
2.7 SELECCIÓN DE LAS PROTECCIONES [6].....	68
2.8 SELECCIÓN DE DUCTERÍA [2].....	70
2.9 GENERALIDADES EN INSTITUCIONES DE ASISTENCIA MÉDICA [6].....	73
2.9.1 SISTEMA ELÉCTRICO ESENCIAL.....	73
2.9.2 INSTALACION DE RAYOS X.....	74

2.10	DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO UTILIZADO.....	75
2.10.1	LUXÓMETRO [7]	76
2.10.2	TELURÓMETRO	76
2.10.3	MEGÓHMETRO	78
2.10.4	RASTREADOR DE CIRCUITOS.....	79
2.10.5	ANALIZADOR DE REDES.....	80
2.10.6	MULTÍMETRO.....	81
2.10.7	PINZA AMPERIMÉTRICA.....	82
3.	METODOLOGÍA DE TRABAJO.....	84
3.1	INSPECCIÓN OBJETIVA.....	84
3.2	DOCUMENTACIÓN Y RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN	85
3.3	LEVANTAMIENTO DE LAS REDES ELÉCTRICAS	86
3.4	MONITOREO DE NIVELES DE TENSIÓN, CORRIENTE E ILUMINACIÓN Y MEDICIÓN DE AISLAMIENTOS.....	87
3.5	ESTUDIO, DIAGNÓSTICO Y ANÁLISIS DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA .	88
3.6	REDISEÑO Y ELABORACIÓN DEL INFORME FINAL.....	89
4.	LEVANTAMIENTO DE LAS REDES ELÉCTRICAS ACTUALES	90
4.1	ALIMENTACIÓN	90
4.2	SUBESTACION ELÉCTRICA	90
4.2.1	TRANSFORMADOR	90
4.2.2	PUESTA A TIERRA	92
4.2.3	SISTEMA DE PROTECCIÓN	92
4.3	MEDIDORES DE ENERGIA.....	92
4.3.3	MEDIDOR ME1	92
4.3.4	MEDIDOR ME2	93
4.4	TABLERO GENERAL DE BAJA TENSIÓN.....	94
4.4.1	ACOMETIDA TABLERO GENERAL DE BAJA TENSIÓN	94
4.4.2	PUESTA A TIERRA	95
4.4.3	ACOMETIDAS DE LOS TABLEROS DE DISTRIBUCIÓN.....	95
4.5	TABLEROS DE DISTRIBUCIÓN.....	96
4.5.1	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN TA.....	97
4.5.2	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN TB.....	98
4.5.3	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN TC.....	99

4.5.4	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN TD	100
4.5.5	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN TE	101
4.5.6	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN TF.....	102
4.5.7	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN TG.....	103
4.5.8	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN TH.....	104
4.5.9	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN TI.....	105
4.5.10	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN TJ.....	106
4.5.11	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN TW	107
4.5.12	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN TX	108
4.5.13	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN TY	109
4.5.14	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN TZ.....	110
5	ANÁLISIS DE LAS REDES ELÉCTRICAS ACTUALES	111
5.1	GRÁFICAS DEL ANALIZADOR DE REDES.....	111
5.1.1	TENSIÓN PROMEDIO DE FASE RMS	112
5.1.2	CORRIENTE PROMEDIO DE FASE RMS	115
5.1.3	NIVEL DE ARMÓNICOS	119
5.1.4	POTENCIA Y FACTOR DE POTENCIA.....	125
5.2	NIVELES DE ILUMINACIÓN.....	127
5.2.1	RESUMEN DE LOS DATOS OBTENIDOS	129
5.2.2	ANÁLISIS POR EL MÉTODO DE LAS CAVIDADES ZONALES.....	132
5.3	MEDICIÓN DE AISLAMIENTOS	143
5.4	CUADROS DE REGULACIÓN ELÉCTRICA.....	144
5.5	CUADROS DE CARGA.....	156
5.6	PÉRDIDAS DE POTENCIA	165
5.7	MEDICIÓN DE PUESTA A TIERRA.....	179
5.7.1	MEDICIÓN DE LA RESISTENCIA DE PUESTA TIERRA DE LA SUBESTACIÓN.....	179
5.7.2	MEDICIÓN DE LA RESISTIVIDAD DEL TERRENO	180
5.8	CARGABILIDAD DE LOS CONDUCTORES ELÉCTRICOS.....	181
5.9	CONDICIONES DE SEGURIDAD	189
6	REDISEÑO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE LA CRUZ ROJA SECCIONAL SANTANDER	191
6.1.	CUADROS DE CARGA DEL REDISEÑO	192
6.2.	CUADROS DE REGULACIÓN.....	206

6.3. PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LOS NIVELES DE ILUMINACIÓN ..	214
6.3.1 ILUMINACIÓN INTERIOR	214
6.3.2 ILUMINACIÓN EXTERIOR	225
6.3.3 ILUMINACIÓN DE EMERGENCIA	228
6.4 SISTEMA DE PUESTA A TIERRA.....	230
6.5 ANÁLISIS DE RIESGOS POR DESCARGAS ATMOSFÉRICAS.....	238
7. CONCLUSIONES Y OBSERVACIONES.....	253
8. REFERENCIAS	261
ANEXOS	263

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Los Autores. Las aulas están sujetas a la misma necesidad de alumbrado que las oficinas.....	46
Figura 2. Los Autores. Alumbrado adicional sobre el tablero.	46
Figura 3. Los Autores. Sala de conferencias iluminada exclusivamente con la luz artificial.	48
Figura 4. Los Autores. Distancias y cavidades para aplicación del método del coeficiente de local.	49
Figura 5. Los Autores. Método de Wenner para determinación de resistividad.....	60
Figura 6. Los Autores. Esquema de conexión del método de la caída de potencial.	62
Figura 7. Los Autores. Solapamiento de los gradientes de potencial producidos por los electrodos.....	63
Figura 8. Los Autores. Gradientes de potencial y curva de resistencia de la puesta a tierra vs Distancia.....	63
Figura 9. Los Autores Tablero General.....	94
Figura 10. Los Autores Tablero A.....	97
Figura 11. Los Autores Tablero B.....	98
Figura 12. Los Autores Tablero C.....	99
Figura 13. Los Autores Tablero D.....	100
Figura 14. Los Autores Tablero E.....	101
Figura 15. Los Autores Tablero F.....	102
Figura 16. Los Autores Tablero G.....	103
Figura 17. Los Autores Tablero H.....	104
Figura 18. Los Autores Tablero I.....	105
Figura 19. Los Autores Tablero J.....	106
Figura 20. Los Autores Tablero W.....	107
Figura 21. Los Autores Tablero X.....	108
Figura 22. Los Autores Tablero Y.....	109
Figura 23. Los Autores Tablero Z.....	110
Figura 24. Áreas y Reflectancia de Pared de la Bodega 1.....	134
Figura 25. Iluminación Zona Exterior DIALux [11] 1.....	225
Figura 26. Iluminación Zona Exterior DIALux [11] 2.....	226
Figura 27. Tramas de Cálculo para Iluminación Exterior.....	227
Figura 28. Luminaria de emergencia con etiqueta de señalización.....	228
Figura 29. Luminaria de emergencia con difusor transparente.....	228
Figura 30. Etiquetas de Señalización de Evacuación.....	229
Figura 31. Caja de inspección.....	267

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Reflectancia efectiva de cavidad de techo y piso para varias combinaciones de reflectancias. [1].....	51
Tabla 2. Valores de Reflectancia (aproximada) en %, para colores y texturas. [1]	52
Tabla 3. Coeficientes de utilización. [1].....	55
Tabla 4. Factores de corrección para otras conexiones. [2]	56
Tabla 5. Constantes de regulación para conductores aislados en ducto no metálico. [2].	57
Tabla 6. Porcentajes de regulación de tensión [2].....	58
Tabla 7. Pérdidas máximas de energía y potencia. [2].....	64
Tabla 8. Capacidad de corriente A permisibles para conductores aislado para o a 2000 V nominales. Para no más de 3 conductores en canalización, cable o directamente enterrados. Temperatura ambiente 30°C. [2].....	66
Tabla 9. Factores de corrección para ms de 3 conductores. [2]	67
Tabla 10. Porcentaje de la sección transversal en tubos conduit y tuberías, para el llenado de conductores. [2]	70
Tabla 11. Número máximo de conductores en tubo conduit rígido de PVC. [2].....	72
Tabla 12. Radio de Curvatura de los Tubos [2].....	72
Tabla 13. Los Autores. Tensión Promedio RMS Fase A	112
Tabla 14. Los Autores. Tensión Promedio RMS Fase B	113
Tabla 15. Los Autores. Tensión Promedio RMS Fase C	113
Tabla 16. Los Autores Tensión Promedio RMS Fase Neutro	114
Tabla 17. Los Autores Resumen Tensión Promedio de Fase RMS.....	114
Tabla 18. Los Autores Corriente Promedio RMS Fase A	115
Tabla 19. Los Autores. Corriente Promedio RMS Fase B	116
Tabla 20. Los Autores. Corriente Promedio RMS Fase C	117
Tabla 21. Los Autores. Corriente Promedio RMS Neutro.....	117
Tabla 22. Los Autores. Resumen Corriente Promedio de Fase RMS.....	117
Tabla 23. Los Autores. Armónicos de Tensión Fase A.....	119
Tabla 24. Los Autores. Armónicos de Tensión Fase B.....	120
Tabla 25. Los Autores. Armónicos de Tensión Fase B.....	121
Tabla 26. Los Autores. Armónicos de Tensión Fase A.....	122
Tabla 27. Los Autores. Armónicos de Tensión Fase B.....	123
Tabla 28. Los Autores. Armónicos de Tensión Fase C	124
Tabla 29. Los Autores. Nivel de Armónicos de Tensión y Corriente	125
Tabla 30. Los Autores. Potencia Activa por Fase.....	125
Tabla 31. Los Autores. Potencia Aparente por Fase	125
Tabla 32. Los Autores. Potencia Reactiva por Fase.....	126
Tabla 33. Los Autores. Factor de Potencia por Fase	126
Tabla 34. Los Autores. Reflectancia y Altura de las cavidades	127
Tabla 35. Los Autores. Niveles de Iluminancia.....	128
Tabla 36. Los Autores. Iluminancia Promedio y Coeficiente de Uniformidad.....	128

Tabla 37. Los Autores. Resumen de los niveles de iluminancia Primer Piso.....	130
Tabla 38. Los Autores. Resumen de los niveles de iluminancia Segundo Piso.....	131
Tabla 39. Los Autores. Reflectancia y Altura de las cavidades	132
Tabla 40. Los Autores. Especificaciones de las luminarias de la Bodega 1	133
Tabla 41. Los Autores. Índices de cavidad para Bodega 1.....	133
Tabla 42. Los Autores. Interpolación para calcular la Reflectancia Efectiva de Piso	135
Tabla 43. Los Autores. Interpolación para calcular el Coeficiente de Utilización	135
Tabla 44. Los Autores. Interpolación para calcular el Factor de Corrección.....	136
Tabla 45. Los Autores. Datos para el Cálculo de la Iluminancia Promedio.....	137
Tabla 46. Los Autores. Iluminancia Promedio Método Cavidades Zonales Primer Piso	140
Tabla 47. Los Autores. Iluminancia Promedio Método Cavidades Zonales Segundo Piso	142
Tabla 48. Los Autores. Niveles de aislamiento en los conductores	143
Tabla 49. Los Autores. Cuadro de Regulación Tablero de Distribución TA.....	145
Tabla 50. Los Autores. Cuadro de Regulación Tablero de Distribución TB.....	146
Tabla 51. Los Autores. Cuadro de Regulación Tablero de Distribución TC.....	147
Tabla 52. Los Autores. Cuadro de Regulación Tablero de Distribución TD.....	148
Tabla 53. Los Autores. Cuadro de Regulación Tablero de Distribución TE	148
Tabla 54. Los Autores. Cuadro de Regulación Tablero de Distribución TF	149
Tabla 55. Los Autores. Cuadro de Regulación Tablero de Distribución TG.....	149
Tabla 56. Los Autores. Cuadro de Regulación Tablero de Distribución TH.....	151
Tabla 57. Los Autores. Cuadro de Regulación Tablero de Distribución TI	151
Tabla 58. Los Autores. Cuadro de Regulación Tablero de Distribución TJ.....	152
Tabla 59. Los Autores. Cuadro de Regulación Tablero de Distribución TW	152
Tabla 60. Los Autores. Cuadro de Regulación Tablero de Distribución TX.....	153
Tabla 61. Los Autores. Cuadro de Regulación Tablero de Distribución TY	154
Tabla 62. Los Autores. Cuadro de Regulación Tablero de Distribución TZ	155
Tabla 63. Los Autores. Cuadro de Carga Tablero de Distribución TA	156
Tabla 64. Los Autores. Cuadro de Carga Tablero de Distribución TB	157
Tabla 65. Los Autores. Cuadro de Carga Tablero de Distribución TC.....	158
Tabla 66. Los Autores. Cuadro de Carga Tablero de Distribución TD.....	159
Tabla 67. Los Autores. Cuadro de Carga Tablero de Distribución TE	159
Tabla 68. Los Autores. Cuadro de Carga Tablero de Distribución TF	159
Tabla 69. Los Autores. Cuadro de Carga Tablero de Distribución TG.....	160
Tabla 70. Los Autores. Cuadro de Carga Tablero de Distribución TH.....	161
Tabla 71. Los Autores. Cuadro de Carga Tablero de Distribución TI	161
Tabla 72. Los Autores. Cuadro de Carga Tablero de Distribución TJ.....	162
Tabla 73. Los Autores. Cuadro de Carga Tablero de Distribución TW	162
Tabla 74. Los Autores. Cuadro de Carga Tablero de Distribución TX.....	162
Tabla 75. Los Autores. Cuadro de Carga Tablero de Distribución TY	163
Tabla 76. Los Autores. Cuadro de Carga Tablero de Distribución TZ	163
Tabla 77. Los Autores. Cuadro de Carga Tablero de Distribución TGBT	164
Tabla 78. Los Autores. Cuadro de Pérdidas de Potencia Tablero de Distribución TA	166
Tabla 79. Los Autores. Cuadro de Pérdidas de Potencia Tablero de Distribución TB	167

Tabla 80. Los Autores. Cuadro de Pérdidas de Potencia Tablero de Distribución TC	169
Tabla 81. Los Autores. Cuadro de Pérdidas de Potencia Tablero de Distribución TD	170
Tabla 82. Los Autores. Cuadro de Pérdidas de Potencia Tablero de Distribución TE	170
Tabla 83. Los Autores. Cuadro de Pérdidas de Potencia Tablero de Distribución TF	171
Tabla 84. Los Autores. Cuadro de Pérdidas de Potencia Tablero de Distribución TG....	171
Tabla 85. Los Autores. Cuadro de Pérdidas de Potencia Tablero de Distribución TH....	173
Tabla 86. Los Autores. Cuadro de Pérdidas de Potencia Tablero de Distribución TI.....	174
Tabla 87. Los Autores. Cuadro de Pérdidas de Potencia Tablero de Distribución TJ.....	174
Tabla 88. Los Autores. Cuadro de Pérdidas de Potencia Tablero de Distribución TW ...	175
Tabla 89. Los Autores. Cuadro de Pérdidas de Potencia Tablero de Distribución TX	175
Tabla 90. Los Autores. Cuadro de Pérdidas de Potencia Tablero de Distribución TY	176
Tabla 91. Los Autores. Cuadro de Pérdidas de Potencia Tablero de Distribución TZ.....	178
Tabla 92. Los Autores. Cuadro de Medición de la Resistencia de puesta a Tierra.....	179
Tabla 93. Los Autores. Cuadro de Medición de la Resistividad del terreno.....	181
Tabla 94. Los Autores. Cuadro De Cargabilidad Tablero de Distribución TA	182
Tabla 95. Los Autores. Cuadro De Cargabilidad Tablero de Distribución TB	183
Tabla 96. Los Autores. Cuadro De Cargabilidad Tablero de Distribución TC	183
Tabla 97. Los Autores. Cuadro De Cargabilidad Tablero de Distribución TD	184
Tabla 98. Los Autores. Cuadro De Cargabilidad Tablero de Distribución TE	184
Tabla 99. Los Autores. Cuadro De Cargabilidad Tablero de Distribución TF.....	185
Tabla 100. Los Autores. Cuadro De Cargabilidad Tablero de Distribución TG	185
Tabla 101. Los Autores. Cuadro De Cargabilidad Tablero de Distribución TH	186
Tabla 102. Los Autores. Cuadro De Cargabilidad Tablero de Distribución TW	186
Tabla 103. Los Autores. Cuadro De Cargabilidad Tablero de Distribución TX	187
Tabla 104. Los Autores. Cuadro De Cargabilidad Tablero de Distribución TY	187
Tabla 105. Los Autores. Cuadro De Cargabilidad Tablero de Distribución TZ.....	188
Tabla 106. Los Autores. Cuadro de Cargas Rediseño Tablero de Distribución TA	193
Tabla 107. Los Autores. Cuadro de Cargas Rediseño Tablero de Distribución TB	194
Tabla 108. Los Autores. Cuadro de Cargas Rediseño Tablero de Distribución TC	195
Tabla 109. Los Autores. Cuadro de Cargas Rediseño Tablero de Distribución TD	196
Tabla 110. Los Autores. Cuadro de Cargas Rediseño Tablero de Distribución TE	197
Tabla 111. Los Autores. Cuadro de Cargas Rediseño Tablero de Distribución TF.....	198
Tabla 112. Los Autores. Cuadro de Cargas Rediseño Tablero de Distribución TG	198
Tabla 113. Los Autores. Cuadro de Cargas Rediseño Tablero de Distribución TH	200
Tabla 114. Los Autores. Cuadro de Cargas Rediseño Tablero de Distribución TW.....	201
Tabla 115. Los Autores. Cuadro de Cargas Rediseño Tablero de Distribución TX	202
Tabla 116. Los Autores. Cuadro de Cargas Rediseño Tablero de Distribución TY	203
Tabla 117. Los Autores. Cuadro de Cargas Rediseño Tablero de Distribución TZ.....	204
Tabla 118. Los Autores. Cuadro de Cargas Rediseño Tablero de Distribución General TGBT	205
Tabla 119. Los Autores. Cuadro De Regulación Rediseño Tablero de Distribución TA..	206
Tabla 120. Los Autores. Cuadro De Regulación Rediseño Tablero de Distribución TB..	207
Tabla 121. Los Autores. Cuadro De Regulación Rediseño Tablero de Distribución TC .	208
Tabla 122. Los Autores. Cuadro De Regulación Rediseño Tablero de Distribución TD .	208

Tabla 123. Los Autores. Cuadro De Regulación Rediseño Tablero de Distribución TE..	209
Tabla 124. Los Autores. Cuadro De Regulación Rediseño Tablero de Distribución TF..	209
Tabla 125. Los Autores. Cuadro De Regulación Rediseño Tablero de Distribución TG .	209
Tabla 126. Los Autores. Cuadro De Regulación Rediseño Tablero de Distribución TH .	210
Tabla 127. Los Autores. Cuadro De Regulación Rediseño Tablero de Distribución TW.	211
Tabla 128. Los Autores. Cuadro De Regulación Rediseño Tablero de Distribución TX..	212
Tabla 129. Los Autores. Cuadro De Regulación Rediseño Tablero de Distribución TY..	212
Tabla 130. Los Autores. Cuadro De Regulación Rediseño Tablero de Distribución TZ..	213
Tabla 131. Los Autores. Niveles de iluminación rediseño primer piso.....	220
Tabla 132. Los Autores. Los Autores. Niveles de iluminación rediseño segundo piso....	224
Tabla 133. Los Autores. Datos Técnico Fotocontrol Electrónico	226
Tabla 134. Los Autores. Características de la Luminaria Exterior	227
Tabla 135. Los Autores. Los Autores. Niveles de iluminación rediseño segundo piso....	228
Tabla 136. Características de Luminaria de Emergencia	229
Tabla 137. Los Autores. Datos de entrada cálculo de la malla de puesta a tierra	231
Tabla 138. Los Autores. Constantes de los Materiales	232
Tabla 139. Los Autores. Parámetros para el análisis de riesgo por descargas atmosféricas.	239
Tabla 140. Los Autores. Componentes de riesgo	252
Tabla 141. Factores de Demanda Cargas de Alumbrado.....	263
Tabla 142. Factores de Demanda Cargas de Tomacorrientes	263
Tabla 143. Factores de Demanda para Cargas en Estudio.....	264

LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Tensión Promedio RMS Fase A VS Tiempo	112
Gráfica 2. Tensión Promedio RMS Fase B VS Tiempo	112
Gráfica 3. Tensión Promedio RMS Fase C VS Tiempo.....	113
Gráfica 4. Tensión Promedio RMS Fase Neutro VS Tiempo.....	114
Gráfica 5. Corriente Promedio RMS Fase A VS Tiempo	115
Gráfica 6. Corriente Promedio RMS Fase B VS Tiempo	116
Gráfica 7. Corriente Promedio RMS Fase C VS Tiempo.....	116
Gráfica 8. Corriente Promedio RMS Neutro VS Tiempo.....	117
Gráfica 9. Armónicos de Tensión Fase A.....	119
Gráfica 10. Armónicos de Tensión Fase B.....	120
Gráfica 11. Armónicos de Tensión Fase C.....	121
Gráfica 12. Armónicos de Corriente Fase A.....	122
Gráfica 13. Armónicos de Corriente Fase B.....	123
Gráfica 14. Armónicos de Corriente Fase C.....	124
Gráfica 15. Resistencia de puesta a tierra	180

LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Cálculo del transformador y la acometida	263
Anexo B. Cálculo de la ductería y cajas de inspección	267
Anexo C. Características de la luminaria exterior.....	269
Anexo D. Resultados de iluminación exterior en DIALux [11].....	270
Anexo E. Descripción del fotocontrol electrónico	273
Anexo F. Características luminarias de emergencia	274
Anexo G. Fotos del estado actual de la instalación eléctrica.....	276

RESUMEN

TÍTULO: ESTUDIO, LEVANTAMIENTO Y REDISEÑO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DEL EDIFICIO DE LA CRUZ ROJA SECCIONAL SANTANDER

AUTORES: Fabian Dario Ramirez Albarracin
Yessica Melissa Monroy Ortega
Yuly Paola Gonzalez Morales

PALABRAS CLAVE: Rediseño, levantamiento de redes, diagnóstico, mediciones, propuesta.

El presente proyecto tiene como propósito realizar el estudio, levantamiento y rediseño de las redes eléctricas de la Cruz Roja Seccional Santander, siguiendo los lineamientos propuestos en la normativa vigente; de tal forma que se pueda diagnosticar el estado actual de las instalaciones eléctricas y se puedan estudiar y analizar las acciones correctivas a implementar que permitan la solución de las fallencias encontradas.

Para que esto sea posible, el proyecto se ejecuta a través de cinco etapas; la primera consiste en la realización de una inspección objetiva del estado actual de las instalaciones eléctricas; la segunda etapa consiste en la compilación de la documentación e información con referencia a las normas eléctricas aplicables; la tercera etapa consiste en el levantamiento del esquema de las redes eléctricas actuales; la cuarta etapa es el monitoreo de los niveles de tensión, corriente, iluminación, aislamientos, cargabilidad en conductores, niveles de regulación y pérdidas eléctricas; la quinta etapa consiste en la realización de un análisis adecuado de los datos obtenidos, con el fin de proponer soluciones a los problemas encontrados e indicar posibles mejoras.

Finalmente se realizará la propuesta conjunta de mejoramiento, en la cual se especifican las acciones a tomar, adjunto se presentarán los planos eléctricos del rediseño, dando cumplimiento a las normativas eléctricas existentes en cuanto a instalaciones eléctricas se refiere.

¹ Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas
Escuela: Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones
Director: Ciro Jurado Jerez

ABSTRACT

TITLE: RED CROSS SANTANDER BRANCH BUILDING ELECTRICAL GRID STUDY, RAISING AND REDESIGN

AUTHORS: Fabian Dario Ramirez Albarracin
Yessica Melissa Monroy Ortega
Yuly Paola Gonzalez Morales

KEYWORDS: Redesign, power grid raising, diagnosis, measurements, proposal.

This project aims to conduct a study, survey and redesign of the power grids of the Red Cross Santander Branch, along the guidelines proposed in the current regulations, so that the current state of the electrical systems can be diagnosed and study and analyze corrective actions to implement that will solve the deficiencies noted.

To make this possible, the project runs through five stages: the first one is the realization of an objective inspection to the electrical grids, the second stage is the compilation of documents and information making reference to applicable electrical codes, the third step is the current electrical grids scheme raising, the fourth stage is to monitor levels of voltage, current, lighting, insulation, conductors chargeability, regulation levels and electrical losses, the fifth stage is to conduct an appropriate analysis of the obtained data, to come up with solutions to the problems encountered and suggest possible improvements.

Finally a joint proposal of improvement will be developed, which specifies the actions to be taken, shall be submitted attached electrical redesign plans, in compliance with existing regulations regarding electrical and electronics concerns.

¹ *Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas
Escuela: Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones
Director: Ciro Jurado Jerez*

INTRODUCCIÓN

Con la entrada en vigencia de las normas que rigen el sistema eléctrico colombiano, establecidas para aumentar la seguridad humana además de garantizar calidad y eficiencia en el suministro eléctrico, se abre la posibilidad para que antiguas instalaciones eléctricas implementen nuevos diseños con especificaciones más claras, objetivas, medibles y controlables, de tal forma que el dimensionamiento empírico de las instalaciones eléctricas quede rezagado y surja la necesidad de un completo proceso previo para el diseño de las mismas, que contribuya a un sistema seguro y de calidad en el suministro eléctrico.

Las instalaciones eléctricas actuales de la sede Bucaramanga de la Cruz Roja Colombiana Seccional Santander requieren diagnosticar el estado actual de las redes eléctricas, con el fin de identificar cambios necesarios que contribuyan al mejoramiento de las mismas y que cumplan con los lineamientos de las normas, resoluciones y reglamentos vigentes en el territorio colombiano e internacional, como lo son: la Norma Técnica Colombiana NTC 2050 [6], Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas- RETIE [4], la norma para cálculo y diseño de sistemas de distribución de la ESSA [2], la IESNA *Lighting Handbook* [13] y la IEEE80.

El presente proyecto busca diagnosticar, analizar y proponer medidas que contribuyan al mejoramiento de las redes eléctricas de las instalaciones mencionada con anterioridad, sustentados por una estructura de trabajo dividida y ejecutada en fases. En las primeras fases se busca obtener un diagnóstico preliminar realizando una inspección visual y objetiva del estado actual de las redes eléctricas, seguidamente se busca monitorear la tensión y la corriente, medir los niveles de iluminación, medir los aislamientos en los conductores, calcular las pérdidas de potencia y realizar los cálculos de regulación de cada uno de los circuitos ramales; todo esto permitirá finalmente establecer medidas correctivas que serán presentadas en planos eléctricos y en memorias de cálculo del rediseño de las redes eléctricas, y permitirá ofrecer un servicio óptimo, confiable y flexible a todas las personas que allí laboran y transitan.

1. GENERALIDADES

1.1 OBJETIVOS

1.1.1. OBJETIVO GENERAL

Realizar el estudio, levantamiento y rediseño de la instalación eléctrica del edificio CRUZ ROJA SECCIONAL SANTANDER, según los lineamientos establecidos en las normas técnicas colombianas.

1.1.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Evaluar el estado de las instalaciones eléctricas realizando un inventario - levantamiento y reconociendo la distribución los circuitos ramales de la red de distribución interna, plasmándolos en planos eléctricos y diagramas unifilares correspondientes a la instalación eléctrica de la Cruz Roja Seccional Santander.
- Elaborar un diagnóstico de las instalaciones eléctricas con base en el monitoreo de tensión y corriente eléctrica, medición de los niveles de iluminación, medición de aislamientos y cálculo de pérdidas de potencia y regulación de cada uno de los circuitos ramales, verificando a su vez el cumplimiento de las normas establecidas en la actualidad.
- Rediseñar la instalación eléctrica fundamentándose en los resultados arrojados por el estudio, formulando soluciones y proponiendo mejoras a las fallas encontradas, teniendo en cuenta lineamientos técnicos y normatividad existente como la norma NTC 2050 [6] (Código Eléctrico Colombiano), RETIE [4] (Reglamento Técnico De Instalaciones Eléctricas),

la norma de la electrificadora de Santander ESSA [2] y la IES (Illuminating Engineering Society).

1.2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

1.2.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente el cumplimiento de las normas que rigen las instalaciones eléctricas hace necesario que todo diseño y/o estudio que a esta se refiera, cumpla asiduamente con las especificaciones que se establecen; el ministerio de minas y energía en el comité de regulación de energía y gas CREG, regula el sector eléctrico promoviendo la eficiencia y calidad del servicio de energía eléctrica, suministrando una operación segura y confiable, preservando la integridad de las personas, los bienes y el medio ambiente; el código eléctrico Colombiano (NTC 2050 [6]) ,el reglamento de instalaciones eléctricas (RETIE [4]) y la norma técnica de la electrificadora de Santander ESSA [2], establecen los parámetros para el diseño de instalaciones eléctricas, asegurando un adecuado suministro, estableciendo los niveles mínimos de tensión y de corriente y niveles de iluminación para determinadas áreas de acuerdo con su actividad destinada, evitando pérdidas económicas, humanas y materiales.

En consecuencia con lo expresado anteriormente, y sustentado en el mismo, la Cruz Roja Seccional Santander debido a la infraestructura antigua que posee, presenta un mal manejo y control de los niveles de iluminación, y por falta de un mantenimiento óptimo, presenta deterioro en alguno de sus circuitos, contribuyendo a pérdidas económicas y a futuro a daños severos en sus equipos en caso de no darse una solución, requiriendo por lo tanto la implementación de lo expuesto, generando ahorros económicos significativos a mediano plazo y largo plazo.

1.2.2. JUSTIFICACIÓN

Considerando las problemáticas expuestas anteriormente, la cruz roja seccional Santander consciente de su actividad como entidad prestadora de salud y con el ánimo de mejorar la calidad, eficiencia y seguridad de sus servicios, se ve en la necesidad de implementar las medidas necesarias para esto, dentro de las cuales está el cumplimiento de las normas eléctricas que rigen en Colombia tales como: NTC 2050 [6] (Código Eléctrico Colombiano), RETIE [4] (Reglamento Técnico De Instalaciones Eléctricas) y la norma local de la Electrificadora de Santander.

Teniendo en cuenta las desventajas que provienen del mal funcionamiento de una instalación eléctrica, se hace necesario que se tenga un monitoreo y control de la corriente y la tensión eléctrica, de los niveles de iluminación, regulación y pérdidas eléctricas, los cuales permiten un aprovechamiento óptimo de la energía eléctrica y la comodidad de habitar espacios con niveles de iluminación acorde a la actividad realizada.

Otros factores que sin duda afectan la calidad del suministro eléctrico, y sobre los cuales debe realizarse un control, es el estado de los aislamientos de los conductores eléctricos, el funcionamiento de las protecciones contra sobretensión y sobrecorrientes, el estado de la puesta a tierra y la cargabilidad de los conductores; ya que esto nos permite evitar posibles accidentes que afecten los equipos, las redes y la vida humana.

En consideración con lo anteriormente expuesto, y que la cruz roja posee una instalación eléctrica deteriorada por el paso del tiempo, presentándose fluctuaciones de tensión debido a la cargabilidad de los conductores, conlleva a la necesidad de realizar un estudio que permita la identificación específica de los riesgos eléctricos y la implementación de soluciones, donde se logre la ejecución del rediseño de las redes, proporcionando un suministro eléctrico confiable de calidad y seguro.

1.2.3. ALCANCE

El objetivo más importante de este proyecto consiste en realizar un estudio-diagnóstico de la instalación eléctrica de una institución de gran envergadura y cobertura social, como lo es la seccional de la Cruz Roja Colombiana en la ciudad de Bucaramanga, basados en el cumplimiento de las normas y especificaciones técnicas exigidas actualmente en Colombia, en cuanto a la calidad, eficiencia y continuidad del suministro eléctrico, y según lo establecido, desarrollar posibles soluciones a las problemáticas encontradas, en donde se identifiquen las condiciones actuales de la red eléctrica, con el fin de realizar su evaluación y análisis, contribuyendo de esta forma a la formulación de un plan de trabajo que señalará las falencias de la red eléctrica y propondrá recomendaciones pertinentes para el mejoramiento de las mismas, así mismo se procederá a realizar el rediseño de las instalaciones eléctricas afectadas, incluyendo planos y diagramas unifilares, teniendo en cuenta la normativa vigente; se concluirá el proyecto presentando un informe detallado que contenga el análisis técnico.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. DEFINICIONES [1], [2], [6]

- **Acometida:** Derivación de la red local del servicio público domiciliario de energía eléctrica, que llega hasta el registro de corte del inmueble.
- **Acometida general en baja tensión:** Es el medio de conexión eléctrica entre una subestación eléctrica o red de distribución y el tablero de distribución de acometida del suscriptor en baja tensión.
- **Acometida parcial:** Es el medio de conexión eléctrica entre un tablero de acometida y un tablero de distribución.
- **Acometida subterránea:** Conductores subterráneos de la acometida desde la red de la calle, incluidos los tramos desde un poste o cualquier otra estructura o desde los transformadores, hasta el primer punto de conexión con los conductores de entrada de la acometida en el tablero general, tablero de medidores o cualquier otro tablero con espacio adecuado, dentro o fuera del muro de una edificación.
- **Alimentador:** Todos los conductores de un circuito entre el equipo de acometida, la fuente de un sistema derivado independiente u otra fuente de suministro de energía eléctrica y el dispositivo de protección contra sobrecorriente del circuito ramal final.
- **Bandeja portacables:** Unidad o conjunto de unidades, con sus accesorios, que forman una estructura rígida utilizada para soportar cables y canalizaciones.

- **Canalización:** Canal cerrado de materiales metálicos o no metálicos, expresamente diseñado para contener alambres, cables o barras.
- **Capacidad de corriente:** Corriente máxima en amperios que puede transportar continuamente un conductor en condiciones de uso, sin superar su temperatura nominal de servicio.
- **Carga:** Exigencia de potencia o corriente eléctrica que imponen los equipos conectados a un sistema.
- **Carga Continua:** Carga cuya corriente máxima se prevé que circule durante tres horas o más.
- **Carga instalada:** Suma de las cargas nominales de los equipos instalados en los predios de los suscriptores, susceptibles a ser conectados al sistema o a la parte del sistema que se considera.
- **Circuito ramal en baja tensión:** Conductores de un circuito entre el dispositivo final de protección contra sobre-corriente y la salida o salidas.
- **Conductor activo:** Aquellas partes destinadas, en su condición de operación normal, a la transmisión de electricidad y por tanto sometidas a una tensión en servicio normal.
- **Conductor energizado:** Todo aquel que no está conectado a tierra y que tiene una diferencia de potencia con respecto a ésta.
- **Conductor de puesta a tierra:** Conductor destinado para conectar los equipos o el circuito puesta o tierra de una instalación, al electrodo o electrodos de tierra de la instalación.

- **Conexión equipotencial:** Conexión eléctrica entre dos o más puntos, de manera que cualquier corriente que pase, no genere una diferencia de potencial sensible entre ambos puntos.
- **Contacto directo:** Es el contacto de personas o animales con conductores activos de una instalación eléctrica.
- **Contacto eléctrico:** Acción de unión de dos elementos con el fin de cerrar un circuito. Puede ser de frotamiento, de rodillo, líquido o de presión.
- **Contacto indirecto:** Es el contacto de personas o animales con elementos puestos accidentalmente bajo tensión o el contacto con cualquier parte activa a través de un medio conductor.
- **Contador de energía:** Es el aparato que registra el consumo de energía eléctrica.
- **Corriente de contacto:** Corriente que circula a través del cuerpo humano cuando está sometido a una tensión.
- **Cortocircuito:** Fenómeno eléctrico ocasionado por una unión accidental o intencional de muy baja resistencia entre dos o más puntos de diferente potencial de un mismo circuito.
- **Cuadro de distribución:** Panel sencillo, bastidor o conjunto de paneles de tamaño grande, en los que se montan, por delante o por detrás o por los dos lados, interruptores, dispositivos de protección contra sobrecorriente, elementos de conexión y usualmente instrumentos.
- **Electrodo de puesta a tierra:** Elemento o conjunto metálico conductor que se pone en contacto con la tierra física o suelo, ubicado lo más cerca posible del

área de conexión del conductor de puesta a tierra al sistema. Puede ser una varilla destinada específicamente para ese uso o el elemento metálico de la estructura, la tubería metálica de agua en contacto directo con la tierra, un anillo o una malla formados por uno o más conductores desnudos destinados para ese uso.

- **Empalme:** Conexión eléctrica destinada a unir dos partes de conductores, para garantizar continuidad eléctrica y mecánica.
- **Equipo de corte de acometida:** Consiste generalmente en un interruptor automático, o interruptor y fusibles, con sus accesorios, situado cerca del punto de acometida de un edificio, otra estructura o en una zona definida, destinada para servir de control principal y de medio de desconexión del suministro.
- **Factor de potencia:** Relación entre la potencia activa kW, la potencia aparente kVA del mismo sistema eléctrico o parte de él.
- **Fase:** Designación de un conductor, un grupo de conductores, un terminal, un devanado o cualquier otro elemento de un sistema polifásico que va a estar energizado durante el servicio normal.
- **Herraje:** Accesorio como tuerca, pasacables u otra parte de una instalación eléctrica diseñado fundamentalmente para desempeñar una función mecánica, no eléctrica.
- **Instalación de rayos x(a régimen momentáneo):** Un régimen basado en un intervalo de funcionamiento que no supera los cinco segundos.
- **Instalación eléctrica:** Conjunto de aparatos eléctricos y de circuitos asociados, previstos para un fin particular: generación, transmisión,

transformación, rectificación, conversión, distribución o utilización de la energía eléctrica.

- **Instalación interna:** Conjunto de acometidas parciales, tableros de distribución, circuitos ramales y salidas instaladas en el predio del suscriptor.
- **Interruptor automático:** Dispositivo diseñado para que abra el circuito automáticamente cuando se produzca una sobre-corriente predeterminada.
- **Línea muerta:** Término aplicado a una línea sin tensión o des energizada.
- **Neutro:** Conductor activo conectado intencionalmente a una puesta a tierra, bien sólidamente o a través de un impedancia limitadora.
- **Plano:** Representación a escala en una superficie.
- **Puesto a tierra eficazmente:** Conectado intencionalmente a tierra a través de una conexión o conexiones de tierra de impedancia suficientemente baja y con capacidad de circulación de corriente suficiente para evitar la aparición de tensiones que puedan provocar riesgos indebidos a las personas o a los equipos conectados.
- **Regulación:** Razón en porcentaje (%) entre la diferencia de magnitudes de la tensión en el receptor en vacío y la tensión en el receptor a plena carga respecto a la magnitud de la tensión en el receptor a plena carga.
- **Salida:** Punto de una instalación del que se toma corriente para suministrarla a un equipo de utilización.
- **Sistema de distribución:** Conjunto de las instalaciones cuyo propósito es el suministro de electricidad a niveles de media y/o baja tensión.

- **Sistema derivado independiente:** Sistema de alambrado de un predio cuya energía procede de una batería, sistema solar fotovoltaico o del bobinado de un generador, transformador o convertidor y que no tiene conexión eléctrica directa, ni siquiera mediante un conductor del circuito sólidamente puesto a tierra, para alimentar los conductores que proceden de otro sistema.
- **Sistema eléctrico esencial:** Sistema compuesto por fuentes de alimentación alternativas y todos los sistemas de distribución y equipos auxiliares conectados y necesarios para asegurar la continuidad del suministro eléctrico a determinadas áreas y funciones de una institución de asistencia medica durante un corte del suministro normal y diseñado además para minimizar las interrupciones dentro del sistema interno de alambrado.
- **Sobre-corriente:** Corriente por encima de la corriente nominal de un equipo de la capacidad de corriente de un conductor. Puede ser el resultado de una sobrecarga, un cortocircuito o una falla a tierra.
- **Sobrecarga:** Funcionamiento de un equipo por encima de sus parámetros normales a plena carga o de un conductor por encima de su capacidad de corriente nominal que, si persiste durante un tiempo suficiente podría causar daños o un calentamiento peligroso. Una falla como un cortocircuito o una falla a tierra, no es una sobrecarga.
- **Sobretensión:** Tensión anormal existente entre dos puntos de una instalación eléctrica, superior a la tensión máxima de operación normal de un dispositivo, equipo o sistema.
- **Subacometida:** Medio de conexión eléctrica entre el tablero general de acometida y un subtablero de acometida.

- **Subestación:** Conjunto único de instalaciones, equipos eléctricos y obras complementarias, destinado a la transferencia de energía eléctrica, mediante la transformación de potencia.
- **Tablero de distribución:** Conjunto de equipos de protección, barrajes y cableado que recibe las acometidas parciales y del cual se derivan los circuitos ramales.
- **Tomacorriente:** Dispositivo con contactos hembra, diseñado para instalación fija en una estructura o parte de un equipo, cuyo propósito es establecer una conexión eléctrica con una clavija.
- **Topología:** Diagrama sin escala de una red que indica la configuración gráfica del sistema.

2.2. NIVELES DE ILUMINACIÓN [1]

En Colombia, todo sistema de iluminación interior y exterior debe cumplir una serie de reglas y de especificaciones técnicas para garantizar que se tengan excelentes características de seguridad, desempeño, durabilidad y calidad para satisfacer las condiciones del servicio, independientemente de que los sistemas pertenezcan a obras de construcción, expansión o remodelación.

Según el RETILAP [1] “Los elementos que conforman un sistema de iluminación interior o alumbrado público para un área de influencia determinada deberán estar especificados de acuerdo con las características ambientales del lugar donde se instalen”.

2.2.1. REQUISITOS GENERALES DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN.

Requerimientos de iluminación

En un proyecto de iluminación se deben conocer los requerimientos de luz para los usos que se pretendan, para lo cual se debe tener en cuenta los niveles óptimos de iluminación requeridos en la tarea a desarrollar, las condiciones visuales de quien las desarrolla, el tiempo de permanencia y los fines específicos que se pretendan con la iluminación.

Criterios de selección de fuentes luminosas y luminarias

En todos los proyectos de iluminación, se deben elegir las fuentes luminosas teniendo en cuenta, la eficacia lumínica, flujo luminoso, características fotométricas, reproducción cromática, temperatura del color, duración y vida útil de la fuente, en función de las actividades y objetivos de uso de los espacios a iluminar; así como de consideraciones arquitectónicas y económicas.

2.2.2. GENERALIDADES DEL DISEÑO DE ILUMINACIÓN

La luz es un componente esencial en cualquier medio ambiente, hace posible la visión del entorno y además, al interactuar con los objetos y el sistema visual de los usuarios, puede modificar la apariencia del espacio, influir sobre su estética y ambientación y afectar el rendimiento visual, el estado de ánimo y la motivación de las personas.

El diseño de iluminación debe comprender la naturaleza física, fisiológica y psicológica de esas interacciones y además, conocer y manejar los métodos y

la tecnología para producirlas, pero fundamentalmente demanda, competencia, creatividad e intuición para utilizarlas.

El diseño de iluminación debe definirse como la búsqueda de soluciones que permitan optimizar la relación visual entre el usuario y su medio ambiente. Esto implica tener en cuenta diversas disciplinas y áreas del conocimiento.

La solución de una demanda específica de iluminación debe resultar en un marco interdisciplinario, atendiendo los diversos aspectos interrelacionados de la integración de enfoques, metodologías, técnicas y resultados. La iluminación puede ser proporcionada mediante luz natural, luz artificial, en lo posible se debe buscar una combinación de ellas que conlleven al uso racional y eficiente de la energía.

Iluminación Eficiente

Un sistema de iluminación eficiente es aquel que, además de satisfacer necesidades visuales y crear ambientes saludables, seguros y confortables, posibilita a los usuarios disfrutar de atmósferas agradables, empleando apropiadamente los recursos tecnológicos y evaluando todos los costos razonables que se incurren en la instalación, operación y mantenimiento del proyecto de iluminación.

Los sistemas de iluminación deben ser eficientes y por tanto deben contemplar el uso racional y eficiente de energía, entre otros requisitos deben observarse los siguientes:

- a) En todo diseño se deben buscar obtener las mejores condiciones de iluminación usando fuentes luminosas de la mayor eficacia disponible, conjuntos eléctricos de alta eficiencia y luminarias con la fotometría más favorable en términos de factor de utilización.

- b) En os proyectos nuevos o remodelaciones de sistemas de iluminación de avenidas, grandes áreas o parques deportivos, donde se tienen altos consumo de energía, se debe considerar la posibilidad de reducir los consumos en las horas de baja circulación de personas o vehículos, mediante la instalación de tecnologías o practicas apropiadas de control.
- c) En zonas donde se instale alumbrado con bombillas que no permitan cambios de tensión como método de reducción de potencia, tales como las de halogenuros metálicos, se deben prever los circuitos eléctricos necesarios o los fotocontroles temporizados, para controlar el encendido de las bombillas.

2.2.3. EL PROCESO DE DISEÑO DE ILUMINACIÓN

Análisis del proyecto

El diseño de un proyecto de iluminación debe partir de un análisis donde se recopile la información que permita determinar las demandas visuales en función de los alcances y limitación del trabajo o tareas a realizar, las demandas emocionales y estéticas en función de la sensación de bienestar y contribución a la productividad (confort visual), las demandas de seguridad y las condiciones del espacio. La identificación clara y precisa de estas variables es fundamental para el éxito de cualquier proyecto.

Planificación Básica

A partir del análisis de la información reunida en la etapa anterior, es posible establecer el perfil de las características que debe tener la instalación para satisfacer las distintas demandas del lugar. Lo que se busca aquí es desarrollar las ideas básicas del diseño sin llegar a precisar todavía ningún aspecto específico como seria la selección de las luminarias, por ejemplo. En

este punto se define el sistema de alumbrado, las características de las fuentes luminosas, la factibilidad para el uso de alumbrado natural y la estrategia para su integración con la iluminación artificial, y sobre todo su espíritu creativo, los elementos que permiten plasmar el concepto inicial de diseño.

2.2.4. DISEÑO DE ALUMBRADO INTERIOR

Requisitos Generales

El diseño de la iluminación debe estar íntimamente ligado con el área que va a ser iluminada. Los factores a tener en cuenta son la forma y tamaño de los espacios, los colores y las reflectancias de las superficies del salón, la actividad a ser desarrollada, la disponibilidad de la iluminación natural, los requerimientos estéticos requeridos por el cliente, los niveles de polución en el ambiente y los requerimientos de mantenimiento.

Los ítems más importantes que el diseñador necesita investigar antes de iniciar un diseño de alumbrado interior son los siguientes:

- a) Conocer con detalle las actividades asociadas con cada espacio.
- b) Las exigencias visuales de cada puesto de trabajo y su localización.
- c) Las condiciones de reflexión de las superficies.
- d) Las necesidades para el espacio, modelación y rendimiento del color.
- e) La disponibilidad de la iluminación natural
- f) La apariencia del color de la fuente de luz y su unión con la iluminación natural.
- g) El control de luz directa e indirecta que ingresa por las ventanas.
- h) Localización de las luminarias y su acceso a ellas.

- i) Los requerimientos especiales en la calidad de las luminarias, tales como ambientes peligrosos, dificultad para encontrar acceso a ellas o para cumplir requerimientos de mantenimiento.

Alumbrado en Locales de Trabajo Interior

Al diseñar el alumbrado para un local destinado a realizar algún tipo de trabajo, la meta más importante es la de obtener buenas condiciones visuales en el plano de trabajo.

Cuando se realiza un proyecto de iluminación normalmente se establece un nivel de iluminación superior, según el factor de mantenimiento, que dependerá de la fuente de luz elegida, de las luminarias, así como de la posibilidad de ensuciamiento del local. Con el tiempo el valor de iluminación inicial va decayendo debido a la pérdida de flujo de la propia fuente de luz, así como de la suciedad acumulada en las luminarias, paredes, techos y suelo.

Alumbrado en Oficinas

En estos locales las luminarias se disponen normalmente en el techo siguiendo un modelo regular en líneas rectas. Si al realizar el proyecto de iluminación de un edificio completo el emplazamiento de las luminarias debe coincidir con el módulo de las ventanas, se debe hacer el diseño de alumbrado de forma que proporcione el nivel luminoso adecuado a las salas de mayores dimensiones. La misma distribución de luminarias se podrá aplicar al resto de las salas, cualesquiera que sean sus dimensiones, siempre y cuando cumplan con los requisitos de nivel de iluminación, uniformidad, deslumbramiento y los de uso racional de energía.

Los requisitos visuales para el alumbrado de oficinas son los siguientes:

- Luminarias de baja luminancia
- Ausencia de reflexiones en la superficie de las mesas de trabajo y paneles brillantes.
- Aspecto cromático y rendimiento de color agradables.

Para satisfacer estos requisitos las oficinas podrán usar luminarias empotradas en el techo o adosadas a él, equipadas con lámparas fluorescentes. Las luminarias respecto al control de deslumbramiento podrán estar provistas de rejillas, difusores opales, cubiertas prismáticas o elementos especulares para que la instalación cumpla con los valores de UGR_L establecidos en el presente reglamento.

En las oficinas se podrá hacer uso de alumbrado localizado adicional para conseguir ahorro de energía, ya sea concentrando las luminarias sobre los puestos de trabajo y zonas adyacentes. En tal caso la instalación debe diseñarse para lograr la iluminancia requerida de acuerdo con la tabla 440 del RETILAP [1], sobre los puestos de trabajo, con menores valores sobre las zonas de circulación y de descanso, siempre respetando los valores de uniformidad mínima y deslumbramiento máximo.

Alumbrado en Instituciones Educativas, Salas de Lectura y Auditorios.

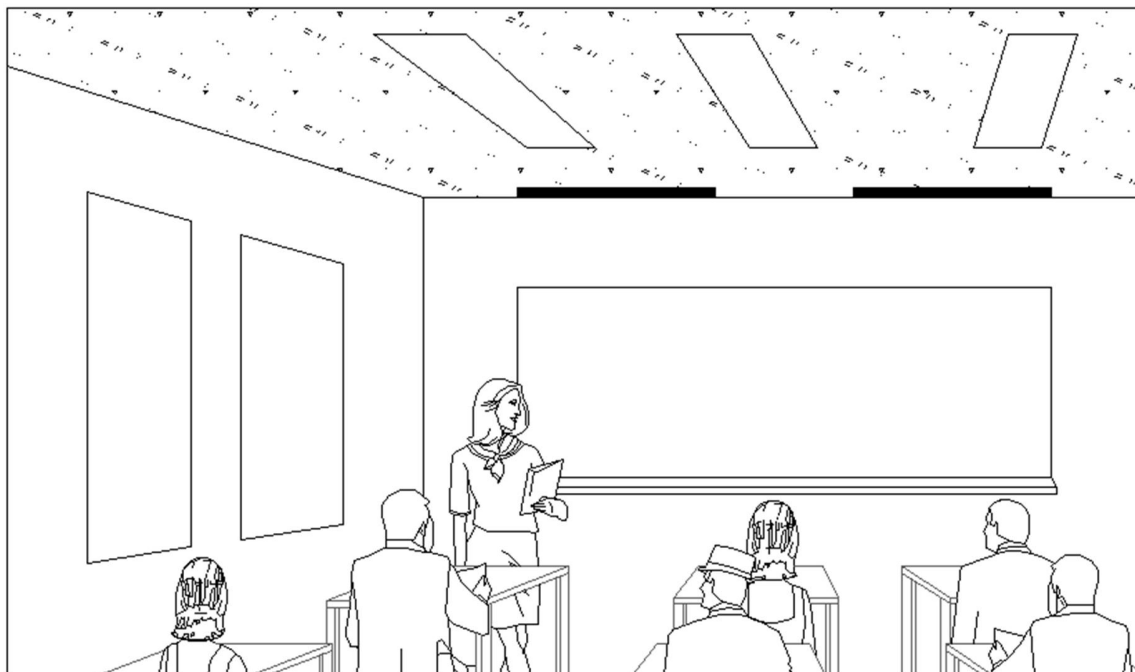


Figura 1. Los Autores. Las aulas están sujetas a la misma necesidad de alumbrado que las oficinas.

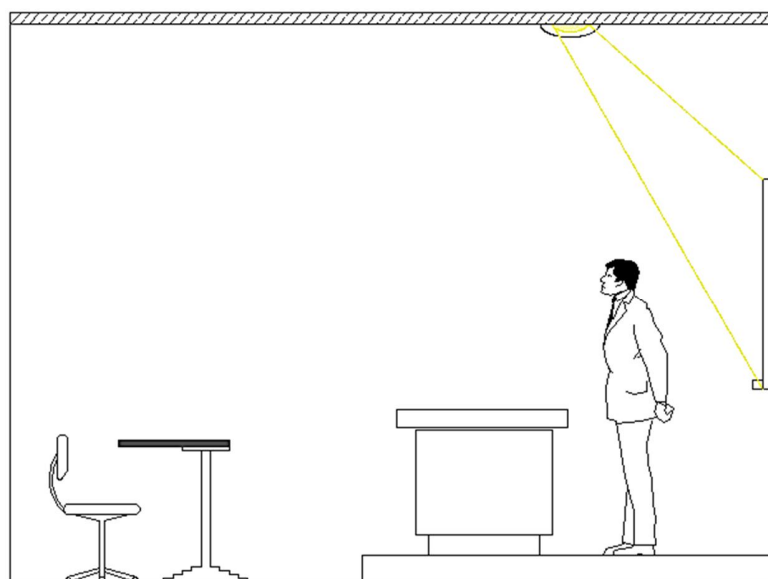


Figura 2. Los Autores. Alumbrado adicional sobre el tablero.

Iluminación en aulas de clase: el alumbrado de un aula de enseñanza debe ser apropiado para actividades tales como escritura, lectura de libros y del tablero. Como estas actividades son parecidas a las de las oficinas, los requisitos generales de alumbrado de estas pueden aplicarse al de escuelas (Figura 1)

Es requisito que el diseñador verifique la necesidad de proveer iluminación adicional en el tablero (Figura 2)

Iluminación de Salas de Lectura y Auditorios: En las salas de lectura y auditorios normalmente no hay luz diurna y sólo existe la artificial. En estos locales se debe tener en cuenta los siguientes requisitos:

- Niveles de iluminación requeridos para lectura y escritura según Tabla 440.b del RETILAP [1].
- Se debe tener especial cuidado en prevenir el deslumbramiento.
- Se debe disponer de un equipo especial de regulación de flujo luminoso para la proyección de películas y diapositivas.
- Se debe instalar un alumbrado localizado sobre la pizarra de la pared con una iluminancia vertical de 750 luxes.
- Se debe contar con un papel de control que permita encender y apagar los distintos grupos de luminarias, manejar el equipo de regulación de alumbrado y eventualmente controlar el sistema automático de proyección.
- En estos recintos se debe contar con instalación de un alumbrado de emergencia y de señalización de las salidas.

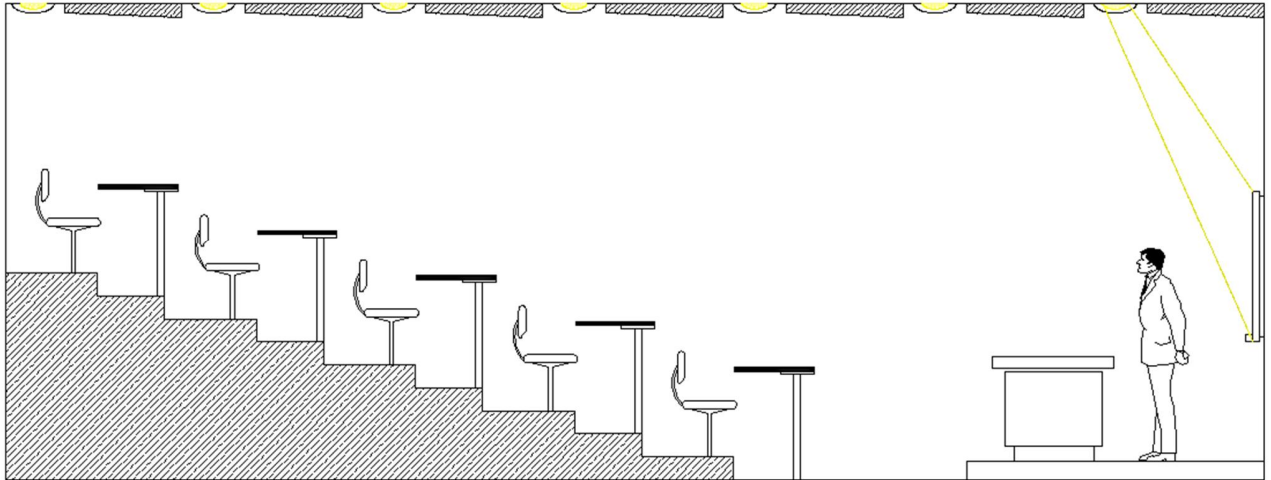


Figura 3. Los Autores. Sala de conferencias iluminada exclusivamente con la luz artificial.

2.2.5. CÁLCULO PARA ILUMINACIÓN INTERIOR

Método de las Cavidades Zonales

Para un local dado se consideran tres cavidades, las cuales tienen como límites intermedios planos imaginarios situados uno a la altura del plano de trabajo, y otro a la altura de montaje de las luminarias. Las cavidades así delimitadas reciben las denominaciones de cavidad de techo, cavidad del local y cavidad del piso.

El método tiene cuatro pasos básicos:

- Determinar los índices de las cavidades zonales
- Determinar las reflectancias efectivas de las cavidades
- Seleccionar el coeficiente de utilización
- Calcular el nivel promedio de iluminación.

La luminancia promedio horizontal se calculará entonces para la cavidad del local mediante la siguiente fórmula, aunque por lo general se usa para estimar el número de luminarias a instalar de acuerdo con un nivel de iluminancia requerido:

————— [Ecu. 1]

= Flujo luminoso de una Bombilla de la luminaria.

N= Numero de luminarias en el local.

n= Numero de bombillas por luminarias.

l= Longitud del local en metros.

a= Ancho del local en metros

CU= coeficiente o Factor de utilización para el plano de trabajo

FM= Factor de mantenimiento.

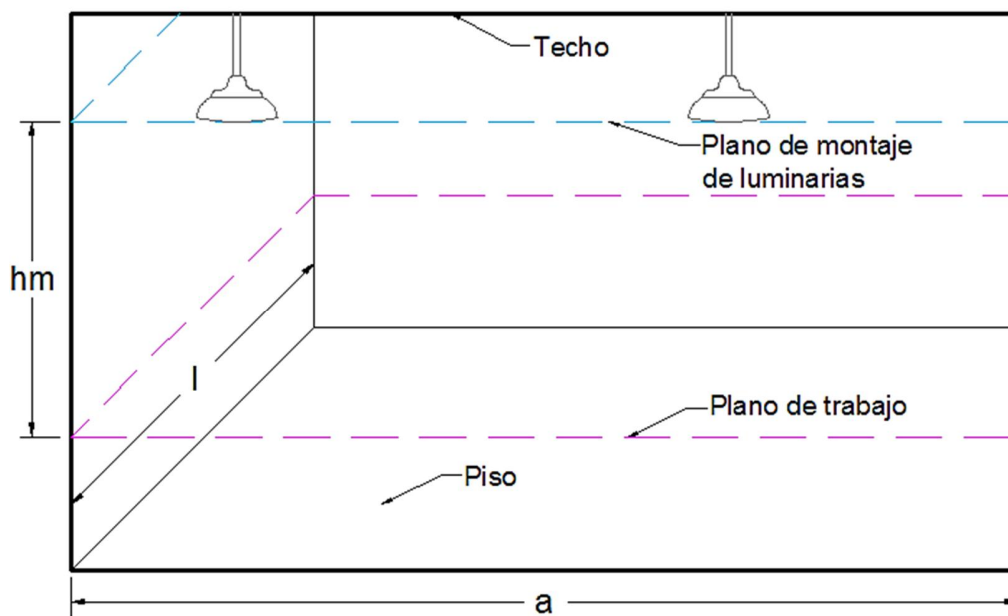


Figura 4.Los Autores. Distancias y cavidades para aplicación del método del coeficiente de local.

Índice de las Cavidades

Para un espacio rectangular se define los siguientes índices para cada una de las cavidades en función de sus dimensiones y la altura de montaje de las luminarias:

$$\text{Índice de cavidad de techo} = \frac{5 h_c (l+a)}{(l.a)} \quad [\text{Ecu. 2}]$$

$$\text{Índice de la cavidad de local} = \frac{5 h_m (l+a)}{(l.a)} \quad [\text{Ecu. 3}]$$

$$\text{Índice de la cavidad de Piso} = \frac{5 h_f (l+a)}{(l.a)} \quad [\text{Ecu. 4}]$$

h_c = Altura de la cavidad del techo

h_m = Altura de la cavidad del local

h_f = Altura de la cavidad del Piso

l = Longitud del local

a = Ancho del local

Reflectancias Efectivas de las Cavidades Zonales

Conocidas las reflectancias de techo, piso y paredes en la tabla siguiente se determinan las reflectancias efectivas para las cavidades de techo (pcc) y piso (pfc) mediante el uso de los índices de cavidad de techo y de cavidad de piso. Nótese que si la luminaria está montada en el techo o el plano de trabajo corresponde con el piso, el índice será 0, y por lo tanto la reflectancia corresponderá con la del techo o el piso, respectivamente.

% Reflectancia de techo o piso	90				80				70			50				30			10		
% Reflectancia de paredes	90	70	50	30	80	70	50	30	70	50	30	70	50	30	10	50	30	10	50	30	10
Índice de cavidad																					
0,2	89	88	86	85	78	78	77	76	68	67	66	49	48	47	30	29	29	28	10	10	9
0,4	88	86	84	81	77	76	74	72	67	65	63	48	47	45	30	29	28	26	11	10	9
0,6	87	84	80	77	76	75	71	68	65	63	59	47	45	43	30	28	26	25	11	10	8
0,8	87	82	77	73	75	73	69	65	64	60	56	47	44	40	30	28	25	23	11	10	8
1	86	80	75	69	74	72	67	62	62	58	53	46	43	38	30	27	24	22	12	10	8
1,2	85	78	72	66	73	70	64	58	61	57	50	45	41	36	30	27	23	21	12	10	7
1,4	85	77	69	62	72	68	62	55	60	55	47	45	40	35	30	26	22	19	12	10	7
1,6	84	75	67	59	71	67	60	53	59	53	45	44	39	33	29	25	22	18	12	9	7
1,8	83	73	64	56	70	66	58	50	58	51	42	43	38	31	29	25	21	17	13	9	6
2	83	72	62	53	69	64	56	48	56	49	40	43	37	30	29	24	20	16	13	9	6
2,2	82	70	59	50	68	63	54	45	55	48	38	42	36	29	29	24	19	15	13	9	6
2,4	82	69	58	48	67	61	52	43	54	46	37	42	35	27	29	24	19	14	13	9	6
2,6	81	67	56	46	66	60	50	41	54	45	35	41	34	26	29	23	18	14	13	9	6
2,8	81	66	54	44	65	59	48	39	53	43	33	41	33	25	29	23	17	13	13	9	5
3	80	64	52	42	65	58	47	37	52	42	32	40	32	24	29	22	17	12	13	9	5
3,2	79	63	50	40	65	57	45	35	51	40	31	39	31	23	29	22	16	12	13	9	5
3,4	79	62	48	38	64	56	44	34	50	39	29	39	30	22	29	22	16	11	13	9	5
3,6	78	61	47	36	63	54	43	32	49	38	28	39	29	21	29	21	15	10	13	9	4
3,8	78	60	45	35	62	53	41	31	49	37	27	38	29	21	28	21	15	10	14	9	4
4	77	58	44	33	61	53	40	30	48	36	26	38	28	20	28	21	14	9	14	9	4
4,2	77	57	43	32	60	52	39	29	47	35	25	37	28	20	28	20	14	9	14	9	4
4,4	76	56	42	31	60	51	38	28	46	34	24	37	27	19	28	20	14	9	14	8	4
4,6	76	55	40	30	59	50	37	27	45	33	24	36	26	18	28	20	13	8	14	8	4
4,8	75	54	39	28	58	49	36	26	45	32	23	36	26	18	28	20	13	8	14	8	4
5	75	53	38	28	58	48	35	25	44	31	22	35	25	17	28	19	13	8	14	8	4

Tabla 1. Reflectancia efectiva de cavidad de techo y piso para varias combinaciones de reflectancias.

[1]

La Reflectancia (ρ)

La reflectancia de una superficie se define como la razón entre el flujo luminoso reflejado por la superficie y el flujo que incide sobre ella. Generalmente para las tablas de coeficiente de utilización se utiliza una reflexión de piso del 20% y se parametrizan los correspondientes a techo y paredes.

COLOR		SUPERFICIES		ACABADOS DE CONSTRUCCIÓN	
Blanco nuevo	88	Maple	43	Cantera clara	18
Blanco viejo	76				
Azul verde	76	Nogal	16	Cemento	27
Crema	81				
Azul	65	Caoba	12	Concreto	40
Miel	76				
Gris	83	Pino	48	Mármol blanco	45
Azul verde	72				
Crema	79	Madera clara	30-50	Vegetación	25
Azul	55				
Miel	70	Madera oscura	10-25	Asfalto limpio	7
Gris	73				
Azul verde	54	ACABADOS METALICOS		Adoquín de roca	17
Amarillo	65	Blanco polarizado	70-85		
Miel	63				
Gris	61	Aluminio pulido	75	Ladrillo claro	30-50
Azul	8				
Amarillo	50	Aluminio mate	75	Ladrillo oscuro	15-25
Café	10				
Gris	25	Aluminio claro	59-79		
Verde	7				
Negro	3				

Tabla 2. Valores de Reflectancia (aproximada) en %, para colores y texturas. [1]

Para maximizar la efectividad de la luz suministrada es conveniente pintar la superficie de las paredes con colores claros, de esta forma se logra una buena reflectancia.

Colores claros y brillantes pueden reflejar hasta un 80% de la luz incidente, mientras que colores oscuros pueden llegar a reflejar menos de un 10% de la luz incidente.

Una cuarta reflectancia se da cuando las paredes tienen friso; es por ello que las reflectancias se definen en las tablas por un código de tres o cuatro dígitos, a manera de ejemplo: valores de la forma 7751 representa la reflectancia combinada de techo (0.7), friso (0.7), paredes (0.5) y plano de trabajo (0.1); 751 representa la reflectancia combinada de techo (0.7), paredes (0.5) y plano de trabajo (0.1).

Uso de las Tablas Fotométricas de CU

El coeficiente de utilización se determina con base en las tablas suministradas por los fabricantes relacionados con la información fotométrica de cada tipo de luminaria. Las tablas de CU están parametrizadas en función del índice de local (k) y de los índices de reflectancias efectivas para las cavidades de techo (ρ_{cc}) y piso (ρ_{fc}), así como de la reflectancia de las paredes (ρ_w).

Luego, una vez determinado el índice de local (k) y las reflectancias efectivas para las cavidades del techo y del piso, el factor de utilización (CU) se obtiene, por extrapolación, de los datos de la tabla de Cu correspondiente a cada luminaria.

Normalmente como las tablas de coeficiente de utilización se construyen para un reflectancia efectiva del piso del 20% se deberá efectuar una corrección si el valor es distinto. Para el efecto se aplicara la Tabla 3.

Factor de mantenimiento FM

Es la relación de la luminancia promedio en el plano de trabajo después de un periodo determinado de uso de la instalación, y la iluminancia promedio obtenida al empezar a funcionar la misma como nueva.

Todo diseño de un sistema de iluminación debe considerar el factor de mantenimiento.

El factor de mantenimiento es igual al producto del factor de depreciación por ensuciamiento (FE), el factor de depreciación por disminución del flujo luminoso de la bombilla (DLB) y el factor de balasto (Fb).

% Reflectancia efectiva cavidad del techo ρ_{cc}	80				70				50			30			10		
% Reflectancia de paredes ρ_w	70	50	30	10	70	50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10
Para 10% de reflectancia efectiva de la cavidad del piso (20% : 1,00)																	
Índice local																	
1	1,092	1,082	1,075	1,068	1,077	1,07	1,064	1,059	1,049	1,044	1,04	1,028	1,026	1,023	1,012	1,01	1,008
2	1,079	1,066	1,055	1,047	1,068	1,057	1,048	1,039	1,041	1,033	1,027	1,026	1,021	1,017	1,013	1,01	1,006
3	1,07	1,054	1,042	1,033	1,061	1,048	1,037	1,028	1,034	1,027	1,02	1,024	1,017	1,012	1,014	1,009	1,005
4	1,062	1,045	1,033	1,024	1,055	1,04	1,029	1,021	1,03	1,022	1,015	1,022	1,015	1,01	1,014	1,009	1,004
5	1,056	1,038	1,026	1,018	1,05	1,034	1,024	1,015	1,027	1,018	1,012	1,02	1,013	1,008	1,014	1,009	1,004
6	1,052	1,033	1,021	1,014	1,047	1,03	1,02	1,012	1,024	1,016	1,009	1,019	1,012	1,006	1,014	1,008	1,003
7	1,047	1,029	1,018	1,011	1,043	1,026	1,017	1,009	1,022	1,013	1,007	1,018	1,01	1,005	1,014	1,008	1,003
8	1,044	1,026	1,015	1,009	1,04	1,024	1,015	1,007	1,02	1,012	1,006	1,017	1,009	1,004	1,013	1,007	1,003
9	1,04	1,024	1,014	1,007	1,037	1,022	1,014	1,006	1,019	1,011	1,005	1,016	1,009	1,004	1,013	1,007	1,002
10	1,037	1,022	1,012	1,006	1,034	1,02	1,012	1,005	1,017	1,01	1,004	1,015	1,009	1,003	1,013	1,007	1,002
Para 30% de reflectancia efectiva de la cavidad del piso (20% : 1,00)																	
Índice local																	
1	0,923	0,929	0,935	0,94	0,933	0,939	0,943	0,948	0,956	0,96	0,963	0,973	0,976	0,979	0,989	0,991	0,993
2	0,931	0,942	0,95	0,958	0,94	0,949	0,957	0,963	0,962	0,968	0,974	0,976	0,98	0,985	0,988	0,991	0,995
3	0,939	0,951	0,961	0,969	0,945	0,957	0,964	0,973	0,967	0,975	0,981	0,976	0,983	0,988	0,988	0,992	0,996
4	0,944	0,958	0,969	0,978	0,95	0,963	0,973	0,98	0,972	0,98	0,986	0,978	0,986	0,991	0,987	0,992	0,996
5	0,949	0,964	0,976	0,983	0,954	0,968	0,978	0,985	0,975	0,983	0,989	0,981	0,988	0,993	0,987	0,992	0,997
6	0,953	0,969	0,98	0,986	0,958	0,972	0,982	0,989	0,977	0,985	0,992	0,982	0,989	0,995	0,987	0,993	0,997
7	0,957	0,973	0,983	0,991	0,961	0,975	0,985	0,991	0,979	0,987	0,994	0,983	0,99	0,996	0,987	0,993	0,998
8	0,96	0,976	0,986	0,993	0,963	0,977	0,987	0,993	0,981	0,988	0,995	0,984	0,991	0,997	0,987	0,994	0,998
9	0,963	0,978	0,987	0,994	0,965	0,979	0,989	0,994	0,983	0,99	0,996	0,985	0,992	0,998	0,988	0,994	0,999
10	0,965	0,98	0,965	0,98	0,967	0,981	0,99	0,995	0,984	0,991	0,997	0,986	0,993	0,998	0,988	0,994	0,999

Tabla 3. Coeficientes de utilización. [1]

2.3 REGULACIÓN DE TENSIÓN. [2]

El buen servicio, la confiabilidad y la calidad en el suministro eléctrico depende en gran medida de una adecuada regulación de tensión, la cual tiene como objetivo mantener los niveles de tensión en un rango de límites razonables dependiendo del tipo de red.

Según la norma de la ESSA [2] se define la regulación de la siguiente forma:

$$\delta\% = \frac{KG.S.L.Fc}{V^2} \text{ [Ecu. 5]}$$

$\delta\%$ = Valor de la regulación en porcentaje

Fc= Factor de corrección para transformadores y circuitos monofásicos y trifásicos

V= Tensión de línea en el extremo receptor V

KG= Constante de regulación del conductor

L= Longitud del conductor m

S= Demanda máxima kVA

El factor de corrección se utiliza de acuerdo con el tipo de subestación y del tipo de red, y se muestran en la Tabla 4. Para sistemas tetrafilares balanceados en baja y balanceados en media tensión este factor corresponde a 1.

Tipo de Subestación	Tipo de red		
	Monofásica (FN)	Bifilar (FF)	Trifilar (FFN)
Monofásica	8	2	2
Trifásica	6	2	2.25

Tabla 4. Factores de corrección para otras conexiones. [2]

La constante generalizada KG es un valor que depende de la tensión de la red y del factor de potencia. Los valores de KG especificados por la ESSA [2], para conductores de cobre aislado en ducto no metálico, se muestran en la Tabla 5.

Tensión	(KG) Baja Tensión				
	0,8	0,85	0,9	0,95	1
14 AWG	752,235	797,3404	842,141	886,377	927,36
12 AWG	476,467	504,4656	532,18	559,367	583,52
10 AWG	302,877	320,1481	337,154	353,67	367,36
8 AWG	196,463	207,1611	217,607	227,585	234,87
6 AWG	126,254	132,6717	138,855	144,602	147,84
4 AWG	81,9997	85,7495	89,2797	92,4032	93,184
2 AWG	53,8566	55,93171	57,8007	59,2879	58,576
1 AWG	44,2823	45,7401	46,9888	47,8501	46,48
1/0 AWG	36,3697	37,37117	38,1696	38,592	36,848
2/0 AWG	30,0602	30,70733	31,1578	31,244	29,232
3/0 AWG	25,049	25,41483	25,5891	25,4085	23,184
4/0 AWG	21,012	21,15945	21,1208	20,7374	18,368
250 kcmils	18,39	18,349	18,648	17,8453	15,5456
350 kcmils	14,5742	14,43523	14,1286	13,5115	11,1059
500 kcmils	11,9212	11,61412	11,139	10,3527	7,7739
750 kcmils	9,665586	9,242255	8,66627	7,78946	5,18
1000 kcmils	8,50015	8,037757	7,41674	6,50182	3,8942

Tabla 5. Constantes de regulación para conductores aislados en ducto no metálico. [2]

De acuerdo con la norma de la ESSA [2], se establecen los valores máximos permitido de regulación de tensión en la Tabla 6, con el fin de garantizar en las redes de baja tensión y en las salidas más lejanas de los circuitos ramales, niveles de tensión óptimos para el funcionamiento correcto de las cargas.

Descripción	%
Redes de distribución BT., zona urbana	5
Redes de distribución BT., zona rural	7
Acometida y alimentador (hasta el tablero de distribución) para cargas concentradas o multiusuarios desde bornes del transformador	3
Acometida y alimentador (hasta el tablero de distribución) desde las redes de la empresa	2
Circuito ramal	2
Alumbrado público	4

Tabla 6. Porcentajes de regulación de tensión [2]

Cuando existen motores instalados, la caída de tensión en la red eléctrica de baja tensión, tomada desde los bornes del transformador hasta el usuario más lejano en el ramal donde se conecta el motor, no debe ser superior al 12.5% en el momento de arranque, incluyendo las demandas máximas de los demás usuarios.

La caída de tensión del alimentador del motor no debe ser superior al 3% trabajando a plena carga.

2.3. PUESTA A TIERRA

La puesta a tierra es uno de los sistemas más importantes en una instalación eléctrica, su objetivo es limitar la tensión que, con respecto a tierra, puedan presentar en un momento dado las masas metálicas, asegurar la actuación de las protecciones y eliminar o disminuir el riesgo que supone una avería en los materiales eléctricos utilizados. [3]

2.4.1 OBJETIVO Y FUNCIONES DE UN SISTEMA DE PUESTA A TIERRA [4]

Los objetivos de un sistema puesta a tierra (SPT) son: la seguridad de las personas, la protección de las instalaciones y la compatibilidad electromagnética.

Las funciones de un sistema puesta a Tierra son:

- a. Garantizar condiciones de seguridad a los seres vivos.
- b. Permitir a los equipos de Protección despejar rápidamente las fallas
- c. Servir de referencia común al sistema eléctrico
- d. Conducir y disipar con suficiente capacidad las corrientes de falla, electrostáticas de rayo.
- e. Transmitir señales de RF en onda media y larga
- f. Realizar una conexión de baja resistencia con la tierra y con puntos de referencia de los equipos.

Se debe tener presente que el criterio fundamental para garantizar la seguridad de los seres humanos, es la máxima energía eléctrica que pueden soportar, debida a las tensiones de paso, de contacto o transferidas y no el valor de resistencia de puesta a tierra tomado aisladamente.

2.4.2 MEDICIÓN DE RESISTIVIDAD [4], [5]

Existen diversas técnicas para medir la resistividad aparente del terreno. Se puede aplicar el método tetraelectródico de Wenner, que es el más utilizado para aplicaciones eléctricas.

Método de Wenner

La medición de la resistividad nos permite obtener el comportamiento del suelo de forma homogénea o por capas según el análisis de los resultados obtenidos en la prueba y tener un análisis del suelo a profundidad donde el rango de profundidad de exploración para un suelo homogéneo es aproximadamente $0.75a$, siendo “a” la separación entre los electrodos.

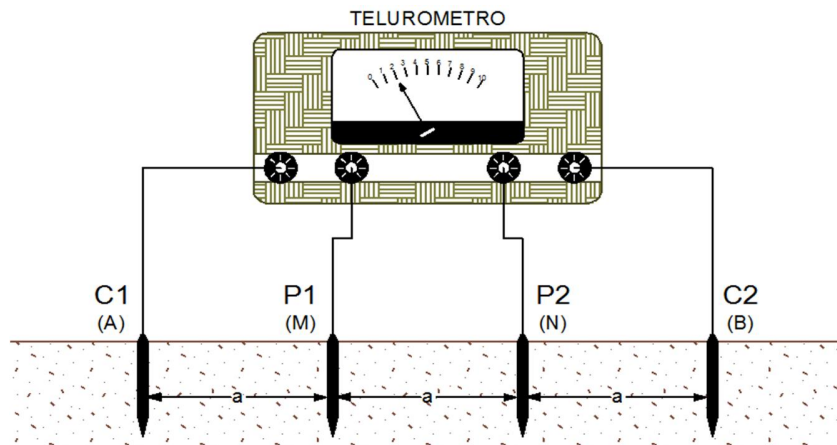


Figura 5. Los Autores. Método de Wenner para determinación de resistividad

El método dispone de la colocación en línea recta de 4 electrodos y equidistantes una distancia “a”, simétricamente respecto al punto en el que se desea medir la resistividad del suelo, no es de importancia la profundidad de los electrodos para profundidades menores a 30 cm. El aparato de medida es un Telurómetro clásico con 4 terminales, siendo los dos electrodos extremos los de inyección de la corriente de medida (I) y los dos centrales son los electrodos de medida de potencial (V).

En la práctica se puede decir que la resistividad aparente es, básicamente la de las capas comprendidas entre la superficie del suelo y la profundidad a la cual la densidad de corriente se ha reducido a la mitad del valor de superficie, es decir, la profundidad de investigación es “ $0.75a$ ”. El eje del sondeo eléctrico vertical y en consecuencia, de medida de resistividad, se encuentra en el medio del sistema simétrico compuesto por los cuatro electrodos, entre los dos de potencial.

Para obtener la resistividad, se aplica la siguiente ecuación, que puede ser simplificada, si la profundidad de enterramiento de los electrodos es 1/20 de la separación entre ellos.

$$\rho = \frac{2 \cdot \pi \cdot R}{\frac{1}{a} - \frac{1}{2a} - \frac{1}{2a} + \frac{1}{a}} = 2 \cdot \pi \cdot a \cdot R \quad [\text{Ecu. 6}]$$

ρ = Resistividad aparente del terreno en Ωm

R= Resistencia medida por el Teluometro

a= Distancia entre electrodos en metros

2.4.3 MEDICIÓN DE LA RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA [4], [5]

La resistencia de puesta a tierra debe ser medida antes de la puesta en funcionamiento de un sistema eléctrico, como parte de la rutina de mantenimiento o excepcionalmente como parte de la verificación de un sistema de puesta a tierra. Para su medición se puede aplicar la técnica de Caída de Potencial o regla del 62%.

Método de la Caída de potencial o regla del 62%

Es el método más empleado, los electrodos son dispuestos como lo muestra la Figura 6; donde E es el electrodo a tierra con resistencia desconocida; P y C son los electrodos auxiliares colocados a una distancia adecuada. Una corriente (I) conocida se hace circular a través de la tierra, entrando por el electrodo E y saliendo por el electrodo C. La medida de potencial entre los electrodos E y P se toma como el voltaje V para hallar la resistencia desconocida por medio de la relación $\frac{V}{I}$.

La resistencia de los electrodos auxiliares se desprecia, porque la resistencia del electrodo C no tiene determinación de la caída de potencial V . La corriente (I) una vez determinada se comporta como constante. La resistencia del electrodo P, hace parte de un circuito de alta impedancia y su efecto se puede despreciar.

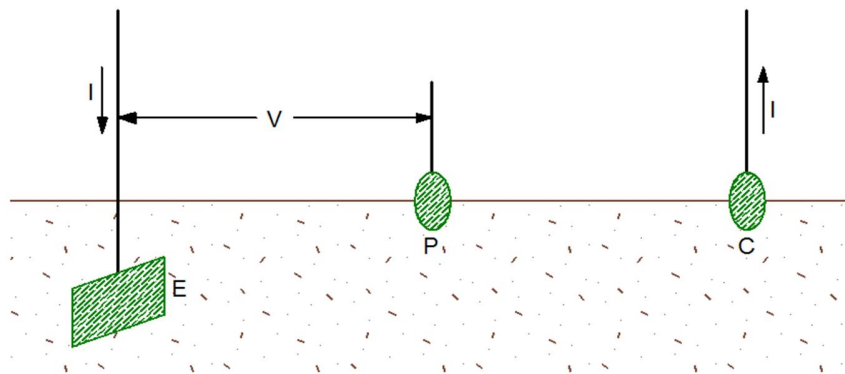


Figura 6. Los Autores. Esquema de conexión del método de la caída de potencial.

La forma consiste en colocar el electrodo de corriente a una distancia de 6.5 veces la longitud del electrodo, esto para evitar el acoplamiento de los gradientes de potencial.

Una vez se tengan los datos se grafica Resistencia vs Distancia Electrodo de Tensión y se calcula el 62% de la distancia del electrodo de corriente y se hace la lectura de la resistencia. Es este punto el cual arroja el valor de la resistencia de Puesta a tierra de la malla.

La medición de la resistencia de puesta a tierra por este método genera gradientes de potencial en el terreno, producto de la inyección de corrientes por tierra a través del electrodo de corriente. Por ello, si el electrodo de corriente, el de potencial y el de tierra se encuentran muy cercanos entre sí, ocurrirá un solapamiento de los gradientes generados por cada electrodo; resultando una curva en la cual el valor de la resistencia medida se incrementará con respecto a la distancia, tal como se muestra en la Figura 7.

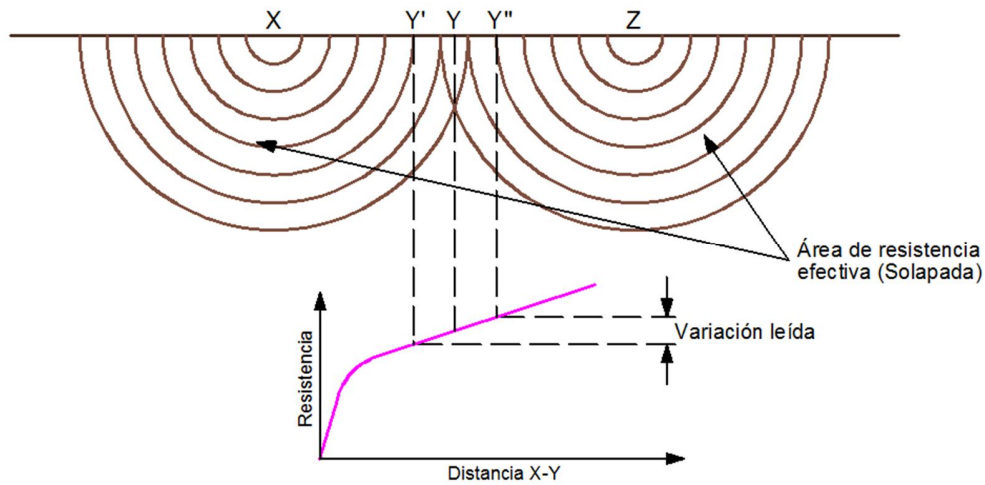


Figura 7. Los Autores. Solapamiento de los gradientes de potencial producidos por los electrodos

Cuando se ubica el electrodo de corriente a una distancia lo suficientemente lejos del electrodo de tierra, la variación de posición del electrodo de potencial, desde el electrodo de tierra hasta el electrodo de corriente, no producirá un solapamiento entre los gradientes de cada electrodo, originándose entonces una curva como muestra la Figura 8.

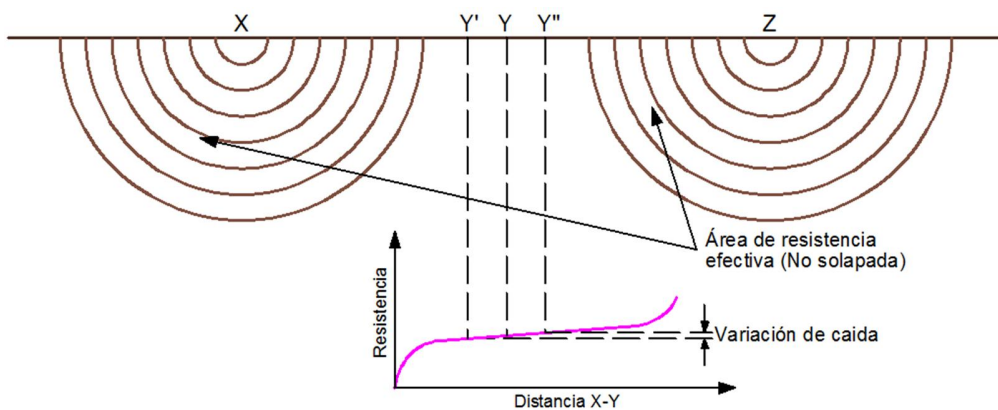


Figura 8. Los Autores. Gradientes de potencial y curva de resistencia de la puesta a tierra vs Distancia

Luego de conseguir una curva como la Figura 8, se calculan los valores de las resistencias al 50% y al 70% de la distancia del electrodo de corriente, a estos valores se les calcula la variación porcentual que tienen con respecto a la

resistencia al 62% de la distancia del electrodo de corriente y si ambas variaciones son menores del 10%, se toma la medición al 62% de la distancia de la puesta a tierra.

2.5 PÉRDIDAS DE POTENCIA Y ENERGÍA [2]

Debido a la sobrecarga de los conductores, constantemente se libera energía en forma de calor llamado “efecto Joule”, el cual se presenta de una forma más directa cuando se sobrepasan los límites amperimétricos de los conductores. Esto provoca deterioro en los mismos y aumento en el consumo de energía, generando sobrecostos económicos asociados al reemplazo de los conductores y facturación de la energía.

La norma de la ESSA [2] establece los límites de pérdidas máximas de energía y potencia en redes de media y baja tensión en la Tabla 7.

Componente	Energía (%)	Potencia (%)
Línea de distribución (34.5 kV)	1.5	2.7
Alimentadores primarios (Hasta 13.2 kV)	0.5	0.8
Transformadores	2.2	*
Redes de baja tensión	2.7	5.5

Tabla 7. Pérdidas máximas de energía y potencia. [2]

En todo caso las pérdidas totales de energía en el nivel 1 (transformador y red de baja tensión), no deben superar el 4.9%.

2.6 SELECCIÓN DE LOS CONDUCTORES ELÉCTRICOS [2], [6]

El buen dimensionamiento de los conductores eléctricos en un aspecto importante en el diseño de redes eléctricas, ya que a través del mismo se alimentan las cargas asociadas a los circuitos ramales y acometidas subterráneas o aéreas.

Los parámetros que se deben tener en cuenta para el cálculo de los conductores son la caída de tensión admisible, temperatura de operación, números de conductores portadores de corriente y la corriente requerida por la carga. La tabla 8 obtenida de la ESSA [2], corresponde a la capacidad de corriente permisible para conductores aislados.

CONDUCTOR		TEMPERATURA NOMINAL DEL CONDUCTOR					
		60°C TW		75°C THW		90°C XLP	
Sección transversal mm ²	Calibre AWG o kcmil	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al
0,82	18	-	-	-	-	14	-
1,31	16	-	-	-	-	18	-
2,08	14	20	-	20	-	25	-
3,3	12	25	20	25	20	30	25
5,25	10	30	25	35	30	40	35
8,36	8	40	30	50	40	55	45
13,29	6	55	40	65	50	75	60
21,14	4	70	55	75	65	95	75
26,66	3	75	65	90	75	110	85
33,62	2	95	75	100	90	130	100
42,2	1	110	85	115	100	150	115
53,5	0	125	100	130	120	170	135
67,44	00	145	115	150	135	195	150
85,02	000	165	130	175	155	225	175
107,21	0000	195	150	200	180	260	205
126,67	250	215	170	255	205	290	230
152,01	300	240	190	285	230	320	255

177,34	350	260	210	310	250	350	280
202,68	400	280	225	335	270	380	305
253,35	500	320	260	380	310	430	350
304,02	600	355	285	420	340	475	385
354,69	700	385	310	460	375	520	420
380,02	750	400	320	475	385	535	435
405,36	800	410	330	490	395	555	450
456,03	900	435	355	520	425	585	480
506,7	1000	455	375	545	445	615	500
633,38	1250	495	405	590	485	665	545
760,05	1500	520	435	625	520	705	585
886,73	1750	545	455	650	545	735	615
1013,4	2000	560	470	665	560	750	630

Tabla 8. Capacidad de corriente A permisibles para conductores aislado para o a 2000 V nominales. Para no más de 3 conductores en canalización, cable o directamente enterrados. Temperatura ambiente 30°C. [2]

2.6.1 SELECCIÓN DEL CONDUCTOR DE CIRCUITOS RAMALES

Para calcular el conductor de una acometida o circuito ramal se debe tener en cuenta la regulación de tensión, el factor de corrección por número de conductores portadores de corriente y la corriente que circula por el circuito. Para el cálculo del conductor, se toman en consideración los numerales 210-19 y la tabla 310-16 de la norma NTC 2050 [6] en los cuales se muestran los porcentajes de regulación y las capacidades de corriente en conductores, respectivamente.

La norma NTC 2050 [6] en su apartado 310-10 “límites de temperatura de los conductores”, establece que ningún conductor se debe utilizar de modo que su temperatura de funcionamiento supere la temperatura para la cual se diseña el tipo de conductor aislado al que pertenezca. En ningún caso se deben unir los conductores de modo que se supere el límite de alguno de los conductores.

Las principales determinantes de la temperatura de funcionamiento de los conductores son:

- La temperatura ambiente que puede variar a lo largo del conductor y con el tiempo
- El calor generado interiormente por el paso de la corriente, incluida las corrientes fundamentales y sus armónicos.
- La velocidad de disipación del calor generado al medio ambiente. El aislamiento térmico que cubre los conductores, puede afectar a esa velocidad de disipación.
- Los conductores adyacentes portadores de corriente, los cuales tienen el doble efecto de elevar la temperatura ambiente e impedir la disipación de calor.

Factores de ajuste

Cuando el número de conductores portadores de corriente en un cable pase de tres, la capacidad de corriente se debe reducir como se indica en la siguiente tabla.

Número de conductores	Porcentaje de los valores de tabla
4 a 6	80
7 a 9	70
10 a 20	50
21 a 30	45
31 a 40	40
>41	35

Tabla 9. Factores de corrección para ms de 3 conductores. [2]

Conductor de Puesta a Tierra

De acuerdo con la norma NTC 2050 [6] en su apartado 210-5-a, establece que el conductor de puesta a tierra de un circuito ramal, se debe identificar mediante un color continuo blanco o gris natural. Cuando en la misma canalización, caja, canal auxiliar u otro tipo de encerramiento haya conductores de distintos sistemas, si se requiere que un conductor del sistema esté puesto a tierra, deberá tener forro exterior de color blanco o gris natural.

2.7 SELECCIÓN DE LAS PROTECCIONES [6]

Las protecciones hacen parte importante de las instalaciones eléctricas, su principal objetivo es reducir al máximo los efectos producidos por eventos como cortocircuitos y sobrecargas. Por lo tanto, deben ser dimensionadas adecuadamente teniendo en cuenta la corriente que alimenta los circuitos a proteger y la capacidad amperimétrica de los conductores, de tal forma que se evite el deterioro del aislamiento en los conductores y la propagación de arcos eléctricos que coloquen en riesgo vidas humanas, así como también eventos que generen daños en los equipos.

De acuerdo con la norma NTC 2050 [6], establece que los equipos destinados para interrumpir las corrientes de falla, deben tener una capacidad de interrupción nominal suficiente para la tensión nominal del circuito y por la corriente disponible en los terminales de línea del equipo.

Los dispositivos de protección contra sobrecorriente, la impedancia total, la capacidad nominal de cortocircuito de los componentes y otras características del circuito que debe proteger, se deben elegir y coordinar de modo que permitan que los dispositivos para protección del circuito utilizados para eliminar una falla, lo hagan sin causar daños extensivos a los otros componentes eléctricos del circuito. Esta falla podrá ocurrir entre dos o más conductores del circuito o entre cualquier

conductor del circuito y el conductor de puesta a tierra o la canalización metálica que lo contiene.

Se permite que los motores de servicio continuo de 1 HP nominales o menos, que no estén instalados permanentemente, tengan arranque no automático y estén a la vista del lugar donde esté el controlador, estén protegidos contra sobrecargas por el dispositivo del circuito ramal contra cortocircuitos y fallas a tierra.

Para motores de servicio continuo con arranque automático, se debe proteger contra sobrecargas por uno de los siguientes medios:

- Por dispositivo independiente de protección contra sobrecarga sensible a la corriente del motor. Este dispositivo se debe ajustar para que se dispare o debe tener una capacidad nominal no mayor al siguiente porcentaje de la corriente nominal de la placa de características del motor a plena carga:

Motores con un factor de servicio rotulado no menor a 1.15: 125%

Motores con un aumento de temperatura rotulado no mayor a 40°C: 125%

Todos lo demás motores: 115%

- Un protector térmico integrado con el motor, que evite sobrecalentamientos peligrosos por las sobrecargas debidas a fallas en el arranque.
- Una impedancia de los devanados del motor es suficiente para evitar el sobrecalentamiento debido a las fallas en el arranque, se permite que el motor esté protegido como se protegen a los motores con arranque no automático.

2.8 SELECCIÓN DE DUCTERÍA [2]

La selección de la ductería hace parte importante de todo cableado eléctrico, a través de ella, se distribuyen los distintos circuitos y se proporciona protección a los conductores frente agentes externos. Su selección depende del medio y tipo de instalación eléctrica y del número de conductores que por ella se distribuyan. La norma NTC 2050 [6] establece de una forma más detallada las generalidades de las Tuberías.

La norma de la ESSA [2] establece en su apartado 3.1.10 que todo tubo subterráneo no metálico, debe tener un tamaño mínimo de (½ ") y máximo de (4"). Cuando se utilice tubo rígido no metálico el tamaño mínimo es (½ ") y el máximo es (6").

Para determinar el número máximo de conductores por ducto, se debe aplicar la siguiente tabla.

Número de conductores	1	2	Más de 2
Todos los tipos de conductores	53%	31%	40%

Tabla 10. Porcentaje de la sección transversal en tubos conduit y tuberías, para el llenado de conductores. [2]

Un tramo entre tubería entre salida y salida, salida y accesorio o accesorio y accesorio, no contendrá más curvas que el equivalente a cuatro ángulos rectos para distancias menores a 15 metros y un ángulo recto de 90° para distancias hasta de 45 metros (para distancias intermedias es proporcionalmente). Las curvas que se ejecuten en la obra, serán hechas de tal forma que el radio mínimo de la curva correspondiente sea mínimo seis veces el diámetro nominal del tubo que se esté figurando.

Toda tubería que llegue a los tableros y a las cajas, debe hacerlo en forma perpendicular a la caja.

En edificaciones de más de tres pisos, las tuberías eléctricas no metálicas deben ir ocultas dentro de cielorrasos, pisos, muros o techos, siempre y cuando los materiales constructivos usados tengan una resistencia al fuego de mínimo 15 minutos, excepto si se tiene un sistema contra incendio de regaderas automáticas en toda la edificación.

El límite de conductores por tubo conduit se muestra en la siguiente tabla.

Aislamiento	Calibre AWG o kcmil	Tamaño comercial en milímetros (Pulgadas)											
		12,7 (1/2)	19,5 (3/4)	25,4 (1)	31,8 (1 1/4)	38,1 (1 1/2)	50,8 (2)	63,5 (2 1/2)	76,2 (3)	88,9 (3 1/2)	101,6 (4)	121 (5)	152,4 (6)
TW	14	8	14	24	42	57	94	135	209	280	361	568	822
	12	6	11	18	32	44	72	103	160	215	277	436	631
	10	4	8	13	24	32	54	77	119	160	206	325	470
	8	2	4	7	13	18	30	43	66	89	115	181	261
THW	14	5	9	16	28	38	63	90	139	186	240	378	546
	12	4	8	12	22	30	50	72	112	150	193	304	439
	10	3	6	10	17	24	39	56	87	117	150	237	343
	8	1	3	6	10	14	23	33	52	70	90	142	205
TW THW	6	1	2	4	6	11	18	26	40	53	69	109	157
	4	1	1	3	4	8	13	19	30	40	51	81	117
	3	1	1	3	3	7	11	16	25	34	44	69	100
	2	1	1	2	3	6	10	14	22	29	37	59	85
	1	-	1	1	2	4	7	10	15	20	26	41	60
	0	-	1	1	1	3	6	8	13	17	22	35	51
	00	-	1	1	1	2	5	7	11	15	19	30	43
	000	-	1	1	1	1	4	6	9	12	16	25	36
	0000	-	-	1	1	1	3	5	8	10	13	21	30
	250	-	-	1	1	1	3	4	6	8	11	17	25
	300	-	-	1	1	1	2	3	5	7	9	15	21
	350	-	-	-	1	1	1	3	5	6	8	13	19
	400	-	-	-	1	1	1	2	4	6	7	12	17
	500	-	-	-	1	1	1	1	3	5	6	10	14
600	-	-	-	-	1	1	1	1	3	4	5	8	11

700	-	-	-	-	1	1	1	2	3	4	7	10
750	-	-	-	-	1	1	1	2	3	4	6	10
800	-	-	-	-	1	1	1	2	3	4	6	9
900	-	-	-	-	-	1	1	2	3	3	6	8
1000	-	-	-	-	-	-	1	1	2	3	5	7
1250	-	-	-	-	-	-	1	1	1	2	4	6
1500	-	-	-	-	-	-	-	1	1	1	3	5
1750	-	-	-	-	-	-	-	1	1	1	3	4
2000	-	-	-	-	-	-	-	1	1	1	3	4

Tabla 11. Número máximo de conductores en tubo conduit rígido de PVC. [2]

Las curvaturas de los tubos de metal rígido se deben hacer de modo que el tubo no sufra daños y que su diámetro interno no se reduzca. En la siguiente tabla se establecen los radios de curvatura mínimos para cualquier curva hecha en obra.

Tamaño comercial de tubo		Conductores sin chaqueta		Conductores con chaqueta	
mm	Pulgadas	Cm	Pulgadas	cm	Pulgadas
16	½	10	4	15,2	6
21	¾	12,7	5	20,3	8
27	1	15,2	6	27,9	11
35	1 ¼	20,3	8	35,6	14
41	1 ½	25,4	10	40,6	16
53	2	30,5	12	53,3	21
63	2 ½	38,1	15	63,5	25
78	3	45,7	18	78,7	31
91	3 ½	53,3	21	91,4	36
103	4	61	24	101,6	40
129	5	76,2	30	127	50
155	6	91,4	36	154,9	61

Tabla 12. Radio de Curvatura de los Tubos [2]

2.9 GENERALIDADES EN INSTITUCIONES DE ASISTENCIA MÉDICA [6]

2.9.1 SISTEMA ELÉCTRICO ESENCIAL

El sistema eléctrico esencial de las instituciones de asistencia médica, tales como clínicas, consultas médicas y dentales, instalaciones ambulatorias, hospitales y centros de cuidados limitados, debe consistir en un sistema capaz de dar suministro a un número limitado de salidas para alumbrado y potencia que se considere esencial para la seguridad de la vida humana y que está interrumpiendo ordenadamente los procedimientos si, durante su funcionamiento normal, el servicio eléctrico se interrumpe por cualquier razón.

Los sistemas eléctricos esenciales deben dar suministro para:

- Alumbrado de trabajo con la seguridad de la vida humana y necesaria para la interrupción segura de los procedimientos en marcha.
- Todos los equipos de anestesia y resucitación utilizados en áreas en las que se administren gases anestésicos por inhalación a los pacientes, incluidos los equipos de alarma y alerta.

Fuente de alimentación alternativa

La fuente de alimentación alternativa debe ser un generador, sistema de baterías o batería autónoma integrada con el equipo. La fuente debe estar separada y ser independiente de la fuente normal de alimentación y tener una capacidad que le permita mantener en funcionamiento las cargas conectadas como mínimo 1.5 horas después del corte del suministro normal.

2.9.2 INSTALACION DE RAYOS X

Los equipos de rayos X fijos y estacionarios se deben conectar a la fuente de alimentación mediante un método de alambrado que cumpla los requisitos generales de la Norma NTC 2050 [6].

Medios de Desconexión

El medio de desconexión debe ser accionable desde un lugar fácilmente accesible en el puesto de control de los rayos X. Como medio de desconexión para equipos conectados a circuitos ramales de 120 V y 30 A o menos, se permite utilizar, una clavija conectada a un tomacorriente de capacidad adecuada y con polo a tierra.

Valores Nominales de los Conductores

La capacidad de corriente de los conductores del circuito de suministro para el circuito ramal y del dispositivo de protección contra sobrecorrientes, debe ser la mayor de las siguientes: el 50% como mínimo de la capacidad de corriente en régimen momentáneo o el 100% de la capacidad en régimen prolongado.

La capacidad de corriente del alimentador y de los dispositivos de protección contra sobrecorriente a los que estén conectados dos o más circuitos ramales para unidades de rayos X, no debe ser menor al 50% de la demanda nominal instantánea de la unidad de mayor capacidad, más el 25% de la demanda nominal instantánea de la siguiente unidad en magnitud más el 10% de la demanda nominal instantánea de cada unidad adicional.

La capacidad de corriente de los conductores y del dispositivo de protección contra sobrecorriente de los equipos de radioterapia, no debe ser menor al 100% de la corriente nominal de dichos equipos.

Resguardo y Puesta a Tierra

Todas las partes a alta tensión, incluidos los tubos de rayos X, se deben montar dentro de encerramientos puestos a tierra. Para aislar las partes a alta tensión del encerramiento puesto a tierra se deben utilizar medios aislantes como aire, aceite, gas u otro medio adecuado.

Las partes metálicas no portadoras de corriente de los equipos de rayos X y equipos asociados, se deben poner a tierra como especifica la sección 250 de la norma NTC 2050 [6].

2.10 DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO UTILIZADO

Parte indispensable para el desarrollo del presente proyecto son los equipos de medida, ya que a través de ellos se obtiene la información del estado actual de las redes eléctricas, lo cual permite posteriormente realizar un análisis más detallado, basados en la recopilación de datos reales, de tal forma que se puedan tomar decisiones que conlleven a la mejora de las falencias que se encontraron.

Los diferentes equipos utilizados en la recopilación de los datos son los siguientes:

- Luxómetro
- Telurómetro
- Megóhmetro
- Rastreador de Circuitos
- Analizador de Redes
- Multímetro
- Pinza Amperimétrica

2.10.1 LUXÓMETRO [7]

El luxómetro es un instrumento de medición que permite medir simple y rápidamente la iluminancia real y no subjetivo de un ambiente. La unidad de medida es Lux (lx). Contiene una célula fotoeléctrica que capta la luz y la convierte en impulsos eléctricos, los cuales son interpretados y representada en un display con la correspondiente escala en luxes.

Proceso de Medición

Antes de realizar cualquier medida, se debe mantener protegida la cabeza de detección con la cubierta protectora, primeramente se selecciona la unidad de medida (fc) o (lx) y el rango de medida (el mayor rango). En el display LCD se visualizará la configuración asignada, después de esto se retira la cubierta protectora y se procede a realizar la medición como se especifica en el apartado 2.2.

Información General del Instrumento

Marca: Meteman LM631

Pantalla LCD: 3 ½" dígitos con una lectura máxima de 1999

Frecuencia. 2.5 veces por segundo, nominal

Entorno de Operación: 0°C a 50°C, uso en interiores hasta 2000m de altitud

Baterías: 4 Unidades de 1,5 V triple A

Peso: 220 g con las baterías

Rangos: 20 fc, 200 fc, 2000 fc y 20000 fc.

2.10.2 TELURÓMETRO

El Telurómetro es un instrumento que sirve para medir la calidad de la resistencia de puesta a tierra y la resistividad del terreno en una instalación eléctrica. El objetivo es conocer las condiciones del terreno donde se encuentra o se desea

diseñar un buen sistema puesta a tierra y obtener información acerca de los niveles de resistencia del electrodo o malla puesta a tierra.

Proceso de Medición

Para medir la resistencia de Puesta a Tierra, se debe *garantizar primeramente la ausencia de tensión en la tierra a medir* [9]. Seguidamente se define la escala de medición en ohmios y se conectan las sondas de medida al Teluometro, cuyas puntas opuestas se disponen de la siguiente forma:

- La sonda VERDE se conecta al electrodo de puesta a tierra.
- La sonda AMARILLA que es llamada la sonda de tensión, se conecta a la pica auxiliar que está enterrada a una distancia determinada tal como lo indica el apartado 2.4.
- La sonda ROJA que es llamada la sonda de Corriente, se conecta a la otra pica auxiliar que está enterrada a una distancia superior y en línea recta de la sonda amarilla como se especifica en el apartado 2.4.

Una vez conectado el equipo correctamente, se procede a realizar la medición, cuyo valor es indicado en el display análogo del equipo.

Información General del Instrumento

Marca: KYORITSU 4102A Análogo

Resistencia de tierra: 12 Ω /120 Ω / 1200 Ω

Tensión de Tierra: 30 V CA

Normas de Seguridad: CAT III 300 V, Grado de Polución 2

Baterías: 6 x R6P (1.5 V)

Dimensiones: 105 x 158 x 70 mm

Peso: 600 g

2.10.3 MEGÓHMETRO

El Megóhmetro es un instrumento que permite medir la resistencia de aislamiento existente en un conductor o en un sistema de puesta a tierra. Funciona en base a la generación temporal de una sobretensión la cual se aplica al sistema hasta que se rompe su aislamiento al establecerse un arco eléctrico.

Proceso de Medición

Para realizar la medición del aislamiento de cualquier sistema, se debe garantizar primeramente la ausencia de energía en el mismo, seguidamente se procede a conectar al equipo las puntas de prueba de línea y tierra estando éste apagado (POSICIÓN OFF), se define la escala de medición en voltios (en nuestro caso 500 V) y con la tecla de tiempo (TIME SET) se temporiza la medida, una vez terminado este paso, se gira el botón (TEST) para empezar la medición, la cual será registrada en el display digital una vez el tiempo de medida preestablecida hubiese terminado.

Información General del Instrumento

Marca: KYORITSU 3125 Digital.

Tensión de Medición: 500/1000/2500/5000 V

Normas de Seguridad: CAT III

Escala Ohmios: 1000 GOhm 4 escalas

2.10.4 RASTREADOR DE CIRCUITOS

El rastreador de circuitos es una herramienta que permite inspeccionar de una manera fácil y versátil la localización de disyuntores y de conductores ocultos en las paredes en ambientes residenciales, comerciales e industriales.

Proceso de Medición

Para realizar la medición, se dispone del equipo transmisor conectándolo al circuito abierto, seguidamente se configura el equipo receptor colocándolo en el modo de búsqueda alta (SH/1). Para comenzar el rastreo del circuito, se ubica la parte posterior del receptor sobre la pared, cielorraso o piso a una distancia considerable del transmisor para hallar la ubicación de la señal más intensa, se continúa el barrido hasta que la señal comience a decaer. De esta forma se puede realizar el bosquejo de la trayectoria trazada por el barrido que es la misma de la ductería que contiene los circuitos.

Información General del Instrumento [9]

Marca: Sure Test 61-956

Indicación audible variable y valor numérico

Gráficos de barras con detección de picos

Posibilidad de uso en circuitos desenergizados y energizados de 0-600 V CA/CC

Calificación de seguridad Cat III – 600 V

Juego de cables de prueba.

Transmisor: Entrada tipo banana estándar no polarizado.

El indicador de línea energizada se ilumina cuando la tensión de CC/CA es superior a 30 V.

Baterías 4 Unidades AA/ 40 horas en circuito abierto/ 25 horas en corto-circuito

Frecuencia Operación: 32 kHz amplitud tiempo modulado

Corriente Salida: 200 mA p-p max en 50 Ω

Tensión Salida: 30 V nominales (2 W)

Indicadores: encendido-apagado/ línea energizada/ batería baja

Receptor: Pantalla Brillante.

Sensibilidad: Máxima para búsqueda alta, Alta-Mediana para búsqueda baja, Mediana-Baja para rastreo y Mínima para disyuntor.

Baterías 3 Unidades AA/ 20 horas

Percepción: Magnética

Rango Máximo: 4.5 m bajo tierra

Señal de respuesta: Numérica en el display y audible.

2.10.5 ANALIZADOR DE REDES

El Analizador de Red es un instrumento que permite analizar las propiedades eléctricas como la calidad, el flujo y la optimización de las redes eléctricas y aquellas propiedades asociadas con la reflexión y la transmisión de señales eléctricas, conocidas como parámetros de dispersión.

Proceso de Medición

Una vez conectadas las salidas a los canales del equipo de las 3 fases y el neutro tanto de tensión como de corriente a los barrajes del tablero general, se procede a configurar los parámetros de medición que se visualizan en forma de iconos en la pantalla táctil del equipo. En el icono de configuración, se seleccionan los distintos parámetros a medir, tensión, corriente, potencia, armónicos etc., así como también

los periodos de muestreo de los datos y finalmente se presiona inicio para empezar el registro de las mediciones.

El equipo posee una batería que será útil en caso de la suspensión de la energía, también posee una memoria que graba los datos registrados de acuerdo con la configuración preestablecida. Antes de realizar las mediciones se debe asegurar que la memoria esté completamente vacía.

Información General del Instrumento [10]

Marca: Dranetz Power Visa

Canales: 4 de tensión y 4 de corriente

Pantalla: intuitiva táctil en color

Peso: 2 Kg

Muestreo: 256 muestras / ciclo

Disparo independiente de voltaje y corriente

Captura de frecuencias bajas, medias y transitorias

Comunicación remota RS-232, Ethernet o USB

Baterías o modo CA

Ampliación de memoria hasta 256 MB

Software DRAN-VIEW

2.10.6 MULTÍMETRO

Instrumento para medir variables eléctricas activas como continuidad, tensión, corriente y resistencia entre otros, todo en un mismo equipo, ya sea en corriente continua o en corriente alterna. Generalmente suelen ser digitales y en el mercado se pueden encontrar gran variedad de gamas, precios y fabricantes.

Proceso de Medición

Dependiendo de la variable eléctrica que se vaya a medir, se conectan las pinzas de medida a la salida correspondiente, seguidamente se desliza la perilla para seleccionar el rango y el tipo de variable a medir, en el display digital aparecerá la configuración establecida y allí se visualiza numéricamente el valor de la medición.

Información General del Instrumento

Marca: D'Lorenzo

Seguridad: CAT III 1000 V Grado de polución 2

Fusible: 10 A / 250 V

Batería: 9 V NEDA 1604 6F22 006P

2.10.7 PINZA AMPERIMÉTRICA

La pinza amperimétrica es un instrumento muy utilizado cuando se requiere medir corrientes de gran magnitud en sectores donde no es posible desconectar el circuito y donde el acceso al objeto a medir puede ser complejo. El funcionamiento de la pinza amperimétrica se basa en la medida indirecta de la corriente circulante por un conductor a partir del campo magnético. La medición se realiza a través de una pinza que posee un sensor, la cual abraza el cable y registra la medida.

Proceso de Medición

Una vez encendido el instrumento, se selecciona a través de una perilla la unidad y el rango de medida, seguidamente se abre la pinza del instrumento y se ubica de tal forma que quede encerrando el conductor a medir, en la pantalla digital se visualiza el valor de corriente medido así como también la unidad y el rango de medida.

Información General del Instrumento

Marca: CLAMP METER

Tensión: DC- Max 1000 V / AC-Max 750 V

Corriente: AC- 200 A / 1000 A

Resistencia: 200 Ω / 2000 M Ω

Dimensiones: 240 x 87 x 36 mm

Protección de Sobrecargas

3. METODOLOGÍA DE TRABAJO

El proyecto se ejecutó en seis etapas: (1) inspección objetiva, (2) documentación y recopilación de información, (3) levantamiento de las redes eléctricas, (4) monitoreo de niveles de tensión, corriente e iluminación y medición de aislamientos, (5) estudio, diagnóstico y análisis de la instalación eléctrica, (6) rediseño de las instalaciones eléctricas y elaboración del informe final.

3.1 INSPECCIÓN OBJETIVA

En esta primera etapa del proyecto se realizó una inspección visual del estado de las redes eléctricas, los circuitos ramales, tableros de distribución y distancias mínimas de seguridad. De esta forma se identificaron preliminarmente algunos problemas de la instalación eléctrica de la edificación tales como:

- Cables expuestos al contacto de las personas.
- Cajas de inspección dañadas, saturadas y descubiertas.
- Tableros de distribución sin cubierta y expuestos al contacto exterior.
- Tomacorrientes Bifásicos ubicados en lugares donde no son requeridos.
- Algunos tomacorriente sin polo y otros con polo pero no polarizados.
- Protecciones mal seleccionadas.
- Niveles de iluminación deficientes, salidas de luminarias sin uso y luminarias dañadas.
- Transformador con fugas de aceite y falta de mantenimiento.
- Tablero de medida en condiciones de deterioro por corrosión y ventanilla de inspección rota.

Durante el proceso de inspección se llevó un registro fotográfico de las condiciones actuales de la instalación eléctrica (ver anexo 5).

3.2 DOCUMENTACIÓN Y RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

En el proceso de documentación, se recopiló la información de cada una de las normas vigentes en Colombia tales como la NTC 2050 [6], la norma de la ESSA [2], el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas, el Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público y algunos decretos de normas internacionales. Este proceso se realizó tomando resumen de los apartados necesarios para realizar el proceso de levantamiento, el proceso de medición de las variables eléctricas y finalmente el proceso de rediseño, obteniendo de esta forma criterios más fundamentados para juzgar con mayor objetividad cuales disposiciones no cumplen con los estándares actuales.

También se realizó una recopilación de los planos arquitectónicos actuales del edificio de la Cruz Roja Seccional Santander, dichos planos no se encontraban totalmente actualizados, ya que el edificio durante los últimos años tuvo algunas remodelaciones y redistribución del espacio en las oficinas y salones de clase, hecho por el cual fue necesario realizar las mediciones y modificaciones correspondientes para actualizar los planos arquitectónicos y de esta forma realizar el levantamiento de las redes eléctricas del edificio para la digitalización de los mismos, debido a que no se encontraron planos eléctricos ni memorias de cálculo de la instalación eléctrica del edificio.

3.3 LEVANTAMIENTO DE LAS REDES ELÉCTRICAS

Se procedió entonces a realizar el levantamiento de la redes eléctricas, tomando la medición de las distancias respectivas, la identificación de los circuitos ramales, ubicación de los tableros de distribución, ubicación de los circuitos de alimentación, ubicación de la subestación, tomacorrientes y luces, evaluando además las condiciones en las que estos se encontraban, para finalmente realizar los planos eléctricos que describieran las condiciones y disposiciones actuales de las redes.

Se continuó con la verificación de código de colores en los barrajes del tablero general de acometidas de acuerdo con la nomenclatura en bornes del transformador, rotulados con colores azul, amarillo y rojo para las fases, blanco para el neutro y sin color el barraje de puesta a tierra.

En cada tablero se tomaron datos de calibre de acometida y ducto de llegada, número de circuitos, interruptores automáticos, calibre de conductores para circuitos ramales, número de conductores por ductos de salida, identificación de barrajes de fase, neutro y puesta a tierra según código de colores y rotulado de circuitos. También se tomaron datos de corriente en la acometida.

La identificación de los diferentes circuitos se realizó con el rastreador de circuitos, conectando el emisor de señal en cada punto de salida y el rastreador en el tablero general de distribución en baja tensión.

Se realizó medida de la resistividad del terreno y medida de resistencia para la malla de puesta a tierra de servicio y para la subestación por medio del Telurómetro digital.

3.4 MONITOREO DE NIVELES DE TENSIÓN, CORRIENTE E ILUMINACIÓN Y MEDICIÓN DE AISLAMIENTOS

Para esta etapa del proyecto se utilizó el analizador de red, a través del cual se midió continuamente los niveles de tensión y corriente, así como también se realizó la medición de los niveles de aislamientos para cada uno de los circuitos ramales donde fue posible, con el fin de obtener información del funcionamiento de la red eléctrica e identificar las posibles fallas en las protecciones contra sobrecorriente y sobretensión, así como también, estimar los niveles de cargabilidad de los conductores eléctricos, niveles de regulación y pérdidas eléctricas.

A través del Luxómetro, se obtuvieron las medidas directas de los niveles de iluminación actuales, reflectancias de techo, pared y piso, y se realizó el inventario y estado de las luminarias en cada espacio de la edificación.

Se obtuvo también los niveles de aislamiento de los conductores en los tableros de uso final, en aquellos circuitos ramales donde fue posible garantizar la ausencia de energía total.

Finalmente se estimaron los niveles de cargabilidad en los conductores eléctricos y los niveles de regulación y pérdidas eléctricas teniendo en cuenta los datos adquiridos durante el levantamiento y el proceso de monitoreo a través del analizador de red.

3.5 ESTUDIO, DIAGNÓSTICO Y ANÁLISIS DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA

Con la información obtenida en las etapas anteriores, se realizó un estudio detallado y conciso, analizando los resultados obtenidos como los niveles de tensión, de corriente e iluminación, medición de aislamientos, así como también del estado de la instalación eléctrica, para realizar un diagnóstico que permita dar soluciones a los problemas encontrados y las recomendaciones pertinentes al caso.

Con base en los datos obtenidos, recopilados en planillas y planos eléctricos en borrador se procedió a dibujar los planos eléctricos del estado actual, utilizando la herramienta computacional AutoCad.

Se realizaron las memorias de cálculo indicando en tablas, la distribución de los circuitos de los tableros existentes, identificación de las fases, carga instalada por circuito, corriente nominal, estado de los tableros, su disposición, procedencia de la alimentación y su respectiva protección en el tablero general. Con estos datos se construyeron los cuadros de carga del estado actual.

Con base en los planos del estado actual realizados a escala, se calcularon las distancias del punto más lejano (condición más desfavorable) de cada circuito para realizar los cálculos de regulación parcial (desde cada tablero de distribución) y total (desde el tablero general de distribución en baja tensión).

Con los datos de medida de los niveles de iluminación y reflectancia en cada área, se calcularon los niveles medios de iluminancia y coeficientes de uniformidad.

Estos datos se compararon con los valores exigidos en el RETIE [4] con el fin de definir las zonas críticas en las que se debe realizar rediseño de la iluminación.

Con los datos de resistividad del terreno y resistencia de puesta a tierra medidos, se realizaron los cálculos para establecer la conformidad de estos parámetros con respecto a los valores permitidos.

Los datos obtenidos con el analizador de redes, permitieron conocer el comportamiento de la carga, la cargabilidad del transformador y la no conformidad de los niveles de tensión en la instalación eléctrica de la Cruz Roja Seccional Santander, lo cual requirió formular soluciones a los problemas planteados.

Toda esta información permitió calcular los niveles de cargabilidad en los conductores y las pérdidas eléctricas, datos que fueron tabulados y posteriormente analizados, lo cual nos permitió conocer el estado actual de los conductores y formular soluciones a los problemas encontrados.

3.6 REDISEÑO Y ELABORACIÓN DEL INFORME FINAL

El rediseño fue basado en las observaciones hechas en las etapas anteriores, indicando las deficiencias encontradas, errores de diseño, y situaciones de riesgo eléctrico que pudieran afectar la seguridad de las personas y de los equipos. Los resultados obtenidos fueron comparados con cálculos teóricos, requerimientos mínimos establecidos por las normas competentes, en este caso la NTC 2050 [6], el RETIE [4] y la norma para cálculo y diseño de sistemas de distribución de la Electrificadora de Santander (ESSA [2]) y las recomendaciones pertinentes hechas por el director del proyecto el Ingeniero Ciro Jurado Jerez.

Para el rediseño se presentaron planos por planta, es decir dos: planta 1 (primer piso) y planta 2 (segundo piso) con sus correspondientes diagramas unifilares generales y por tableros, cuadros de carga y de regulación, rediseño de la iluminación con ayuda del software DIALux [11] y recomendaciones técnicas en cuanto a problemas particulares.

Finalmente se realizará la redacción del documento final, en el que se presentaran los resultados obtenidos, las conclusiones y recomendaciones en este trabajo de grado.

4. LEVANTAMIENTO DE LAS REDES ELÉCTRICAS ACTUALES

4.1 ALIMENTACIÓN

La red de alimentación corresponde a una red trifásica aérea de 13.2kV, compuesta por tres conductores 2/0 AWG ACSR soportados sobre un poste de concreto de 12 m de altura cuyo número de inventario es 1035282.

La red de media tensión está ubicada sobre la calle 45 a cuatro metros y lado Este de la fachada del edificio y cuenta con un sistema de protección contra descargas atmosféricas Tipo Oxido Metálico de 3*12 kV e $I_k = 10$ kA aterrizado a tierra a través de un conductor # 4 AWG Cu contenido en un tubo metálico rígido de ½”.

4.2 SUBESTACION ELÉCTRICA

La subestación eléctrica es de tipo aérea y posee un transformador trifásico ubicado sobre un poste de 12 m de altura.

4.2.1 TRANSFORMADOR

Las características generales del transformador son:

No Serie: 0394-2

Tensión Nominal: 13200/225-129.9 V

Posición del tap: 3

Potencia Trifásica Nominal: 45 kVA

Conexión: Dy5

Frecuencia: 60 Hz

Clase de aislamiento: Ao

Nivel de aislamiento (AT/BT): 34 kV

Masa: 333 kg

Volumen Aceite: 90 Lt

Refrigeración: Tipo ONAN

El transformador se alimenta a través de tres conductores # 8 AWG Cu por el lado de alta tensión. Los bornes del lado de baja tensión contienen ocho conductores cuya descripción es la siguiente:

- Cuatro conductores # 2/0 AWG THW Cu contenidos en un tubo metálico rígido de 3" para alimentar el tablero general. No cumple con el código de colores ya que la fase R es roja, la fase S es amarilla, la fase T es azul y el neutro es blanco.
- Un conductor para la puesta a tierra del transformador y que sale del borne del neutro del mismo, su calibre es # 2 AWG Cu y se encuentra en un tubo metálico rígido.
- Tres conductores # 12 AWG THW para alimentar el medidor de energía ME1. Los conductores no cumplen con el código de colores ya que se encuentran rotulados de la siguiente forma: Rojo para la fase R, Azul para la fase S y Amarillo para la fase T.

4.2.2 PUESTA A TIERRA

El sistema puesta tierra de la subestación consta de un electrodo de 2.4 m de longitud, al cual se conecta el transformador trifásico a través de un conductor # 2 AWG Cu.

4.2.3 SISTEMA DE PROTECCIÓN

La subestación cuenta con un sistema de protección contra sobrecorrientes compuesto por una caja Corta-Circuitos en el lado de alto voltaje, la cual contiene un fusible 3*6 A y 14.5 kV.

4.3 MEDIDORES DE ENERGIA

La Subestación cuenta con dos medidores de energía tipo inducción, ME1 y ME2, a través de los cuales se registra el consumo de energía activa de la instalación eléctrica de la Cruz Roja Seccional Santander. Las especificaciones de cada medidor se describen a continuación.

4.3.3 MEDIDOR ME1

Medidor trifásico de energía activa ubicado sobre el poste de concreto de la subestación aérea a cuatro metros de altura del nivel del piso, pertenece a la ESSA y se alimenta a través de tres conductores # 12 AWG THW Cu que salen directamente de los bornes del transformador por el lado de baja tensión. El medidor se encuentra aterrizado a través de un conductor # 12 AWG Cu.

Sus características generales son:

Tipo: Electromecánico

Tensión: 3*120/208 V

Corriente: 3*5(10) A

Constante: 400 rev/kWh

Clase: Clase II

4.3.4 MEDIDOR ME2

Medidor trifásico de energía activa ubicado en un armario metálico de 60*130*20cm que se encuentra ubicado en el exterior de la edificación, se alimenta a través de tres conductores # 12 AWG THW Cu. El medidor es de propiedad de la Cruz Roja Seccional Santander y se encuentra aterrizado a través de un conductor # 12 AWG Cu.

Sus características generales son:

Tipo: Electromecánico

Tensión: 3*120/208 V

Corriente: 3*5(10) A

Constante: 1200 rev/kWh

Clase: II

4.4 TABLERO GENERAL DE BAJA TENSIÓN

El tablero general de baja tensión se encuentra ubicado en el cuarto de vigilancia en el primer piso de la Cruz Roja Seccional Santander y está contenido en un armario metálico de 100*60*30 cm. El tablero posee un Interruptor automático tripolar de 3*150 A que se encuentra en el armario del medidor de energía a una distancia de 22 m.

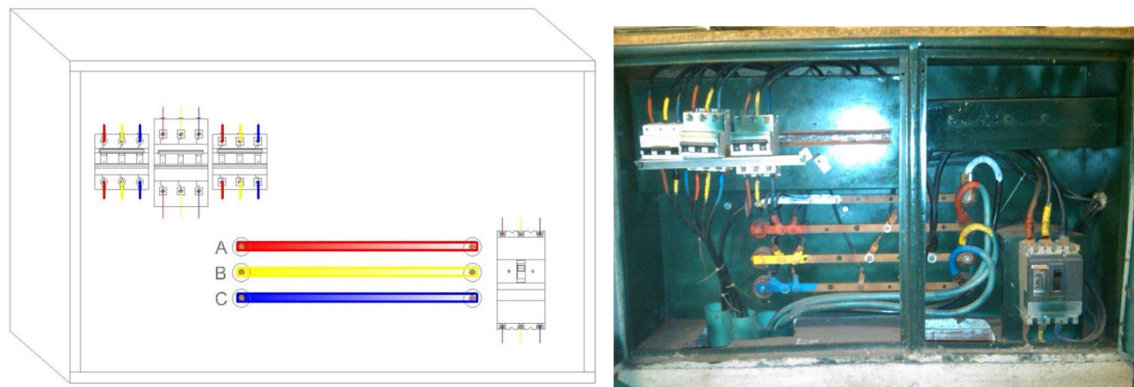


Figura 9. Los Autores Tablero General

4.4.1 ACOMETIDA TABLERO GENERAL DE BAJA TENSIÓN

La acometida proviene desde el transformador trifásico a través de un ducto subterráneo en PVC de 3" (Pulgadas). Al barraje del tablero general llegan cuatro conductores calibre # 2/0 AWG THW Cu, tres de ellos corresponden a las fases R, S y T y el otro al neutro. Los barraje y los conductores de la acometida del tablero general están rotulados de la siguiente forma: Fase R color rojo, Fase S color amarillo, Fase T color azul y Neutro color Blanco, por lo tanto no se cumple con el código de colores.

4.4.2 PUESTA A TIERRA

El tablero general no posee propiamente un sistema de puesta a tierra. En la caja de inspección de baja tensión, se realiza un empalme entre el conductor neutro y el conductor de puesta a tierra # 10 AWG Cu el cual a su vez está conectado a un electrodo, por lo tanto, el conductor neutro hace las veces de conductor de puesta a tierra. El electrodo tiene una longitud de 2.4 m.

4.4.3 ACOMETIDAS DE LOS TABLEROS DE DISTRIBUCIÓN

Del tablero general en baja tensión se distribuyen cuatro acometidas que alimentan los tableros de distribución de uso final. Cada una de ellas se describe a continuación.

Acometida 1: Está compuesta por cuatro conductores (3 fases + 1 neutro) calibre # 6 AWG THW Cu distribuidos a través de un tubo en PVC rígido de 2 ½". Posee un Interruptor automático tripolar de 3*125 A, Ik=10 kA, marca Schneider Electric, encargado de proteger las acometidas que alimentan los tableros de distribución TB, TD, TX, TY y TZ.

Acometida 2: Está compuesta por cuatro conductores (3 fases + 1 neutro) calibre # 6 AWG THW Cu distribuidos a través de un tubo en PVC rígido de 2 ½". Posee un Interruptor automático tripolar de 3*50 A, Ik=10 kA, marca Multi 9, encargado de proteger las acometidas que alimentan los tableros de distribución TE, TH y TW

Acometida 3: Está compuesta por cuatro conductores (3 fases + 1 neutro) calibre # 6 AWG THW Cu distribuidos a través de un tubo en PCV rígido de 2 ½". Posee un Interruptor automático tripolar de 3*100 A, Ik=10 kA, marca Multi 9, encargado de proteger las acometidas que alimentan los tableros de distribución TA, TC y TG.

Acometida 4: Está compuesta por cuatro conductores (3 fases + 1 neutro) calibre # 1/0 AWG THW Cu distribuidos a través de un tubo en PCV rígido de 2 ½". Posee un Interruptor automático termomagnético tripolar de 3*100 A, Ik=10 kA, marca Merlin Gerin, encargado de proteger las acometidas que alimentan los tableros de distribución TF, TI y TJ.

4.5 TABLEROS DE DISTRIBUCIÓN

Los tableros de distribución contienen en su totalidad los circuitos ramales que alimentan las cargas del edificio de la Cruz Roja Seccional Santander. Las cargas se asocian a las luminarias y tomacorrientes, así como también a algunas cargas especiales como los aires acondicionados, equipos de rayos X, compresores, equipos de laboratorio entre otros. Los tableros se encuentran distribuidos en ambas plantas del edificio, en el primer piso existen ocho tableros de distribución y en el segundo piso existen cuatro tableros de distribución.

A continuación se realiza un inventario de cada uno de los tableros de distribución y sus respectivas consideraciones, la descripción de cada uno de los circuitos ramales se encuentran en los cuadro de carga sección 5.4.

4.5.1 TABLERO DE DISTRIBUCIÓN TA

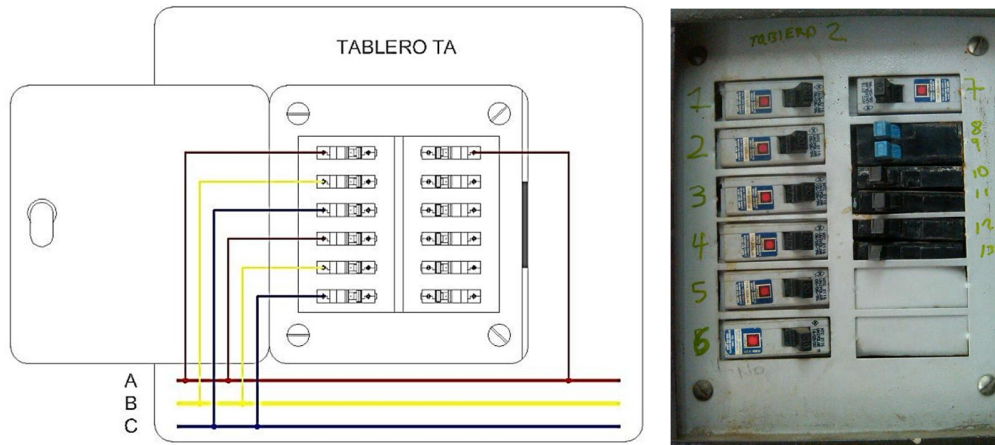


Figura 10. Los Autores Tablero A

Tablero metálico con tapa, capacidad para 12 circuitos, ubicado en el primer piso del edificio al lado del cuarto de vigilancia. Posee una acometida trifásica con cuatro conductores # 6 AWG THW Cu (3 Fases + 1 Neutro) contenidos en un tubo en PVC rígido de 2", la acometida no posee interruptor automático, ya que se sirve del interruptor automático tripolar de 3*100 A del tablero general en baja tensión que está ubicado a 3 m del tablero de distribución TA. El tablero posee un barraje vertical para las tres fases y un barraje horizontal para el neutro y otro para la tierra. Los conductores de la acometida no cumplen con el rotulado de colores. Posee cinco puestos sin uso para posibles ampliaciones.

4.5.2 TABLERO DE DISTRIBUCIÓN TB

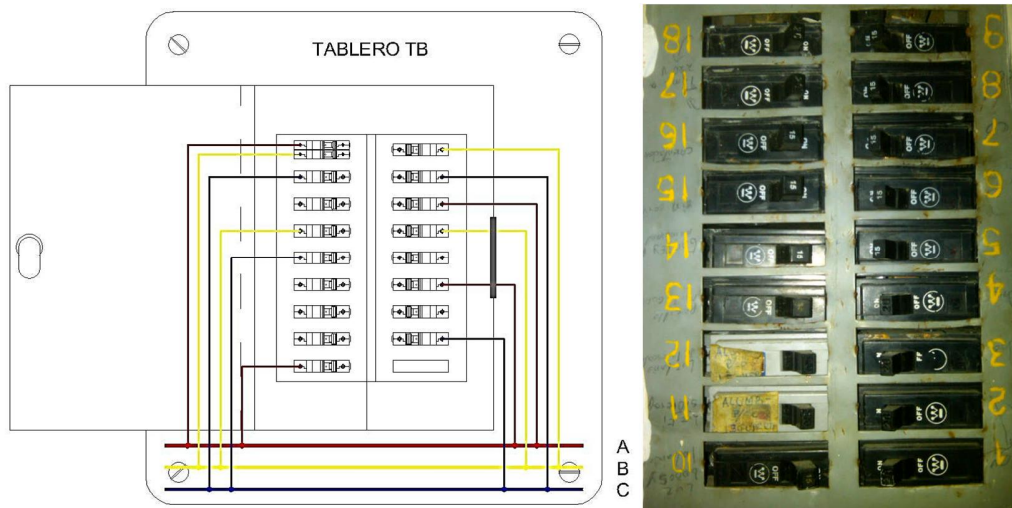


Figura 11. Los Autores Tablero B

Tablero metálico con puerta, capacidad para 18 circuitos, ubicado en el primer piso del edificio en la bodega 1. Posee una acometida trifásica compuesta por cuatro conductores # 6 AWG THW Cu (3 Fases + 1 Neutro) contenidos en un tubo en PVC de 2", no posee interruptor automático, ya que se sirve del interruptor automático tripolar de 3*125 A del tablero general en baja tensión ubicado a 32 m del tablero TB. Contiene un barraje vertical para las 3 Fases, y un barraje horizontal para el Neutro y otro para la Tierra. Los conductores de acometida del tablero no cumplen con el rotulado de colores. Existe un circuito cableado y con protección fuera de servicio, y tres circuitos con protección sin uso.

4.5.3 TABLERO DE DISTRIBUCIÓN TC

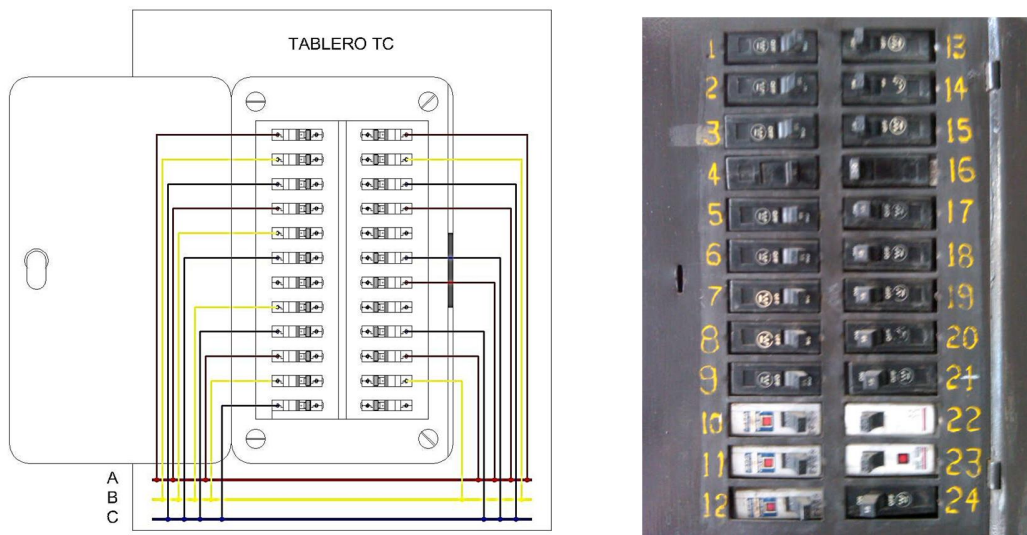


Figura 12. Los Autores Tablero C

Tablero metálico con tapa, capacidad para 24 circuitos, ubicado en el primer piso del edificio al lado del cuarto de vigilancia. Tiene una acometida trifásica compuesta por cuatro conductores # 6 AWG THW Cu (3 Fases + 1 Neutro) dispuestos en un tubo en PVC de 2", no contiene un interruptor automático, por lo tanto se sirve del interruptor automático tripolar de 3*100 A del tablero general en baja tensión que se encuentra ubicado a 2.2 m del tableo TC. Posee un barraje vertical para las 3 Fases y un barraje Horizontal par el Neutro y la Tierra. Los conductores de acometida no cumplen con el rotulado de colores. Existen cuatro circuitos ramales con protección y cableados fuera de servicio.

4.5.4 TABLERO DE DISTRIBUCIÓN TD

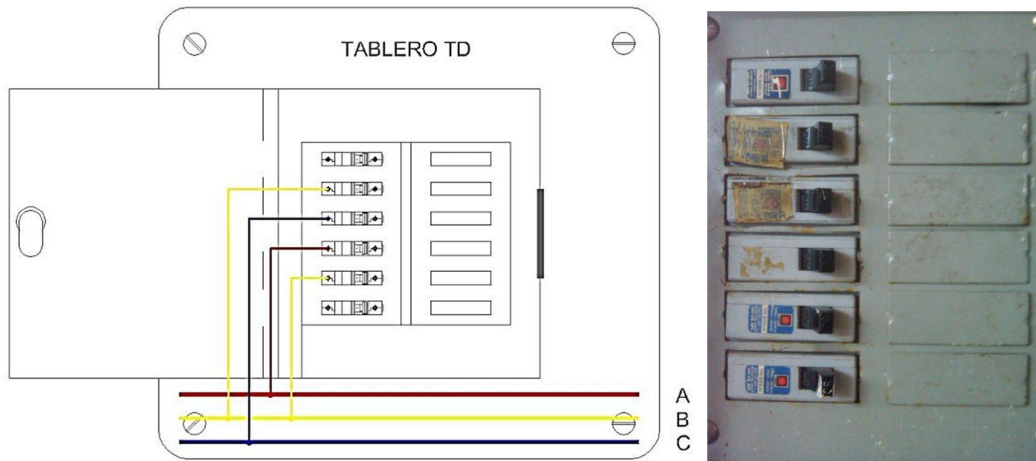


Figura 13. Los Autores Tablero D

Tablero metálico con puerta, capacidad para 12 circuitos, ubicado en el primer piso en la bodega 1. Posee una acometida trifásica conformada por cuatro conductores # 6 AWG THW Cu (3 Fases + 1 Neutro) contenidos en un tubo en PVC de 2", no contiene un interruptor automático, sino que se sirve del interruptor automático tripolar de 3*125 A del tablero general en baja tensión ubicado a 31 m del tablero TD. Posee un barraje vertical para las 3 Fases y un barraje Horizontal para el Neutro y otro para la Tierra. Los conductores de la acometida no cumplen con el código de colores. Existen dos circuitos con protección sin uso y seis puestos disponibles para futuras ampliaciones.

4.5.5 TABLERO DE DISTRIBUCIÓN TE

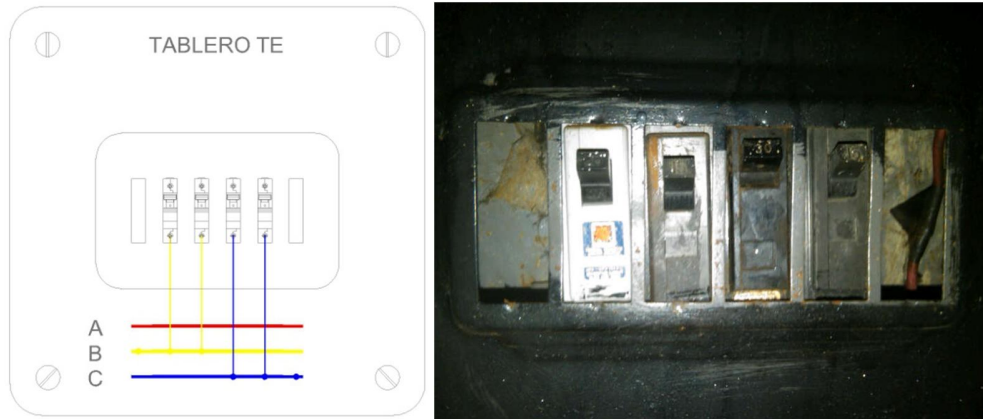


Figura 14. Los Autores Tablero E

Tablero metálico sin tapa, capacidad para 6 circuitos, ubicado en el primer piso al frente del cuarto oscuro de rayos X. Posee un acometida Bifásica compuesta por tres conductores # 12 AWG THW Cu (2 Fases + 1 Neutro) contenidos en un tubo en PVC Rígido de ½”, se sirve del interruptor automático tripolar de 3*50 A del tablero general en baja tensión ubicado a 18 m del tablero TE. Contiene un barraje horizontal para las 2 Fases y uno vertical para el Neutro y otro para Tierra aunque ningún circuito ramal tiene conductor de Puesta a Tierra. Los conductores de la acometida no cumplen con el rotulado de colores. El tablero contiene un circuito con protección sin uso y dos puestos disponibles para futuras ampliaciones.

4.5.6 TABLERO DE DISTRIBUCIÓN TF

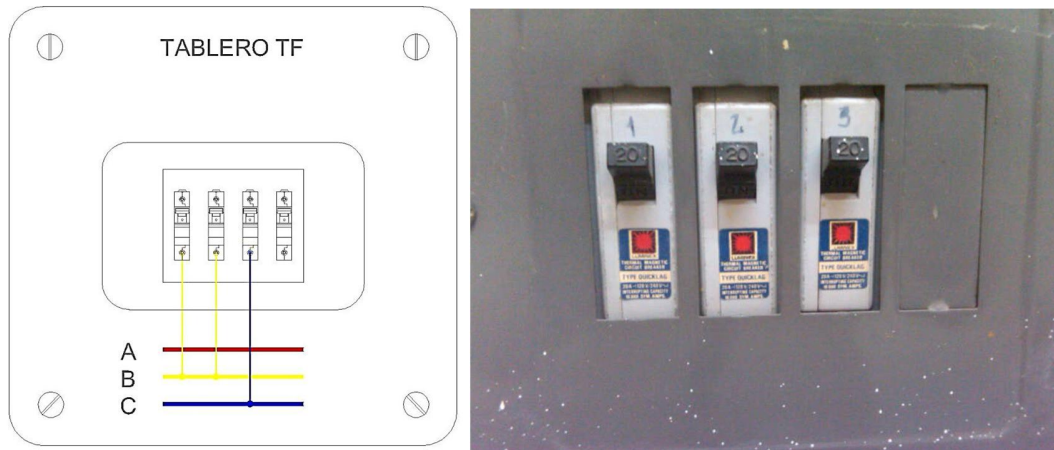


Figura 15. Los Autores Tablero F

Tablero metálico sin tapa, capacidad para 4 circuitos, ubicado en el primer piso en el área de toma de rayos X. Posee una acometida Bifásica compuesta por tres conductores # 6 AWG THW Cu (2 Fases + 1 Neutro) contenidos en un tubo en PVC de 1", se sirve del interruptor automático tripolar de 3*100 A del tablero general en baja tensión ubicado a 23 m del tablero TF. Se compone de un barraje horizontal para las 2 Fases y un barraje Vertical para el Neutro, no existe barraje de Puesta Tierra y ningún circuito ramal tiene conductor de Puesta a Tierra. Los conductores de las acometidas no cumplen con el código de colores. El tablero contiene un circuito con protección sin uso.

4.5.7 TABLERO DE DISTRIBUCIÓN TG

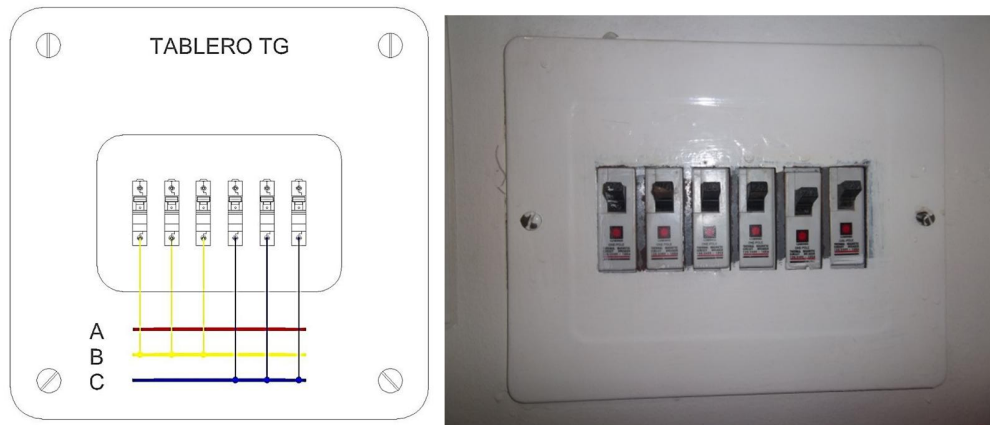


Figura 16. Los Autores Tablero G

Tablero metálico sin tapa, capacidad para 6 circuitos, ubicado en el primer piso sobre la sala de odontología. Se compone por una acometida Bifásica de tres conductores # 8 AWG THW Cu (2 Fases + 1 Neutro) contenidos en un tubo en PVC de $\frac{3}{4}$ " , se sirve del interruptor automático tripolar de 3*100 A del tablero general en baja tensión ubicado a 12.5 m del tablero TG. Posee un barraje horizontal para las 2 Fases y un barraje vertical para el Neutro y otro para la Tierra, aunque ningún circuito ramal contiene un conductor de puesta a tierra. Los conductores de la acometida no cumplen con el rotulado de colores.

4.5.8 TABLERO DE DISTRIBUCIÓN TH

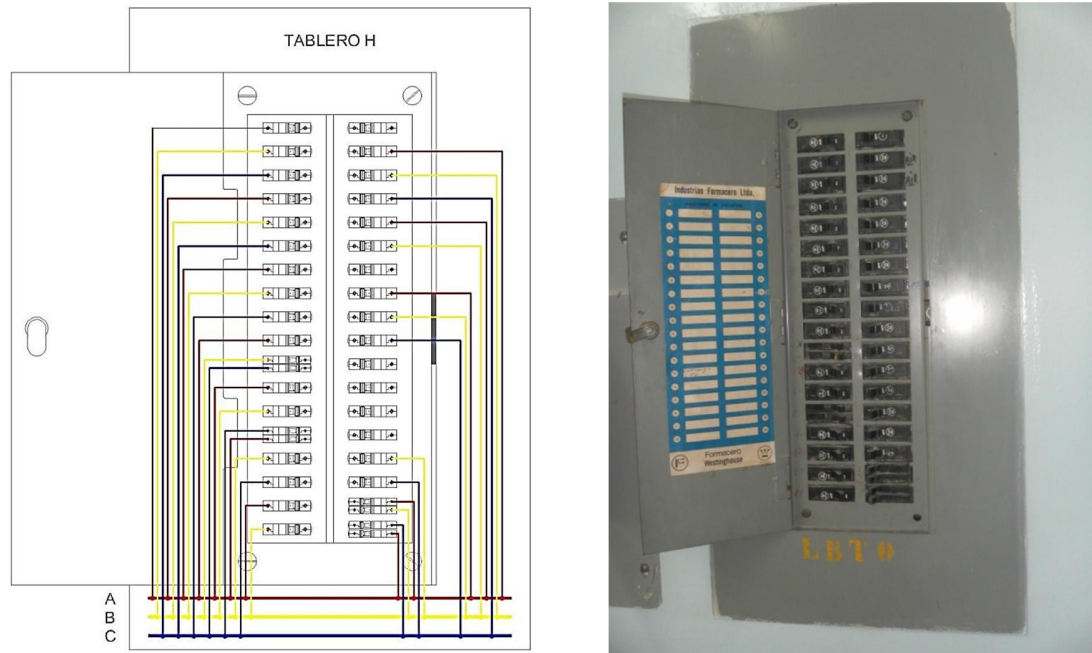


Figura 17. Los Autores Tablero H

Tablero metálico con tapa, capacidad para 40 circuitos, ubicado en el primer piso sobre el área del laboratorio. Contiene una acometida Trifásica compuesta por cuatro conductores # 2 AWG THW Cu (3 Fases + 1 Neutro) dispuestos en un tubo en PVC de 2 ½", se sirve del interruptor a automático tripolar de 3*50 A del tablero general en baja tensión ubicado a 16.5 m del tablero TH. Posee un barraje vertical para las 3 Fases y un barraje horizontal para el Neutro y otro para la tierra. Los conductores de la acometida no cumplen con el código de colores.

4.5.9 TABLERO DE DISTRIBUCIÓN TI

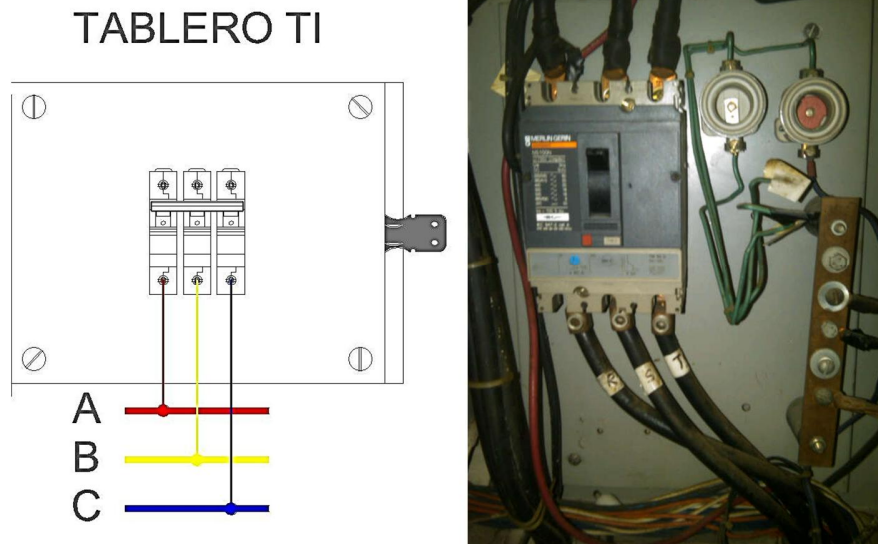


Figura 18. Los Autores Tablero I

Tablero metálico con tapa, capacidad para un circuito trifásico, ubicado en el primer piso sobre el área de Toma de Rayos X. Contiene una acometida Trifásica compuesta por tres conductores # 6 AWG THW Cu (3 Fases) dispuestos en un tubo en PVC de 1", se sirve del interruptor automático tripolar de 3*60 A del tablero general en baja tensión. Posee un barraje vertical para las 3 Fases. Los conductores de la acometida no cumplen con el código de colores.

4.5.10 **TABLERO DE DISTRIBUCIÓN TJ**

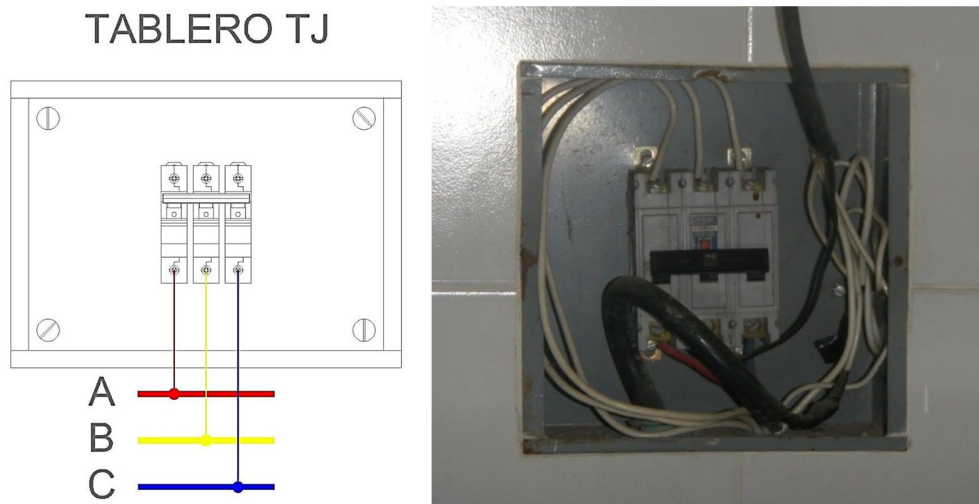


Figura 19. Los Autores Tablero J

Tablero metálico sin tapa, capacidad para un circuito trifásico, ubicado en el primer piso sobre el área del Cuarto del Autoclave. Contiene una acometida Trifásica compuesta por tres conductores # 6 AWG THW Cu (3 Fases) dispuestos en un tubo en PVC de 1", se sirve del interruptor a automático tripolar de 3*40 A del tablero general en baja tensión. Posee un barraje vertical para las 3 Fases. Los conductores de la acometida no cumplen con el código de colores.

4.5.11 **TABLERO DE DISTRIBUCIÓN TW**

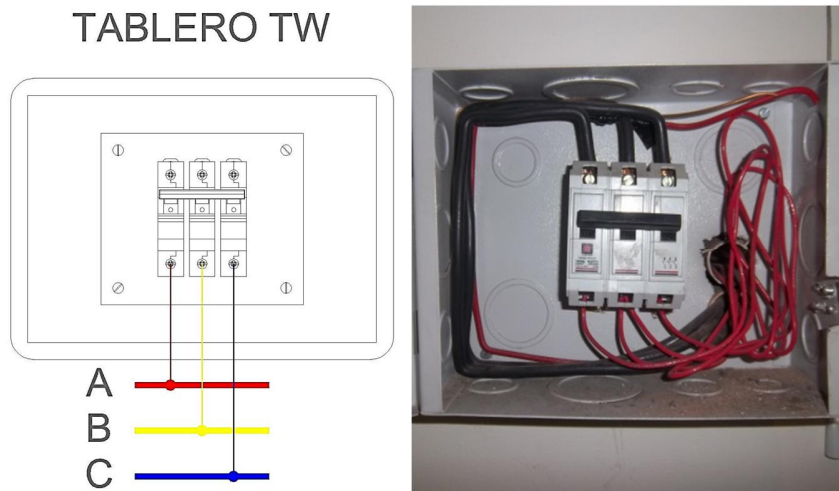


Figura 20. Los Autores Tablero W

Tablero metálico con tapa, contiene un interruptor automático tripolar de 3*40 A, ubicado en el segundo piso sobre el salón Carmen Sofía. Está compuesto por una acometida trifásica de tres conductores # 6 AWG THW Cu (3 Fases) dispuestos en un tubo en PVC de 3/4". No posee barrajes para las fases de la acometida, por lo tanto los conductores de la acometida se conecta directamente al interruptor automático tripolar para alimentar tres aires acondicionados bifásicos. Los conductores de la acometida no cumplen con el rotulado de colores.

4.5.12 **TABLERO DE DISTRIBUCIÓN TX**

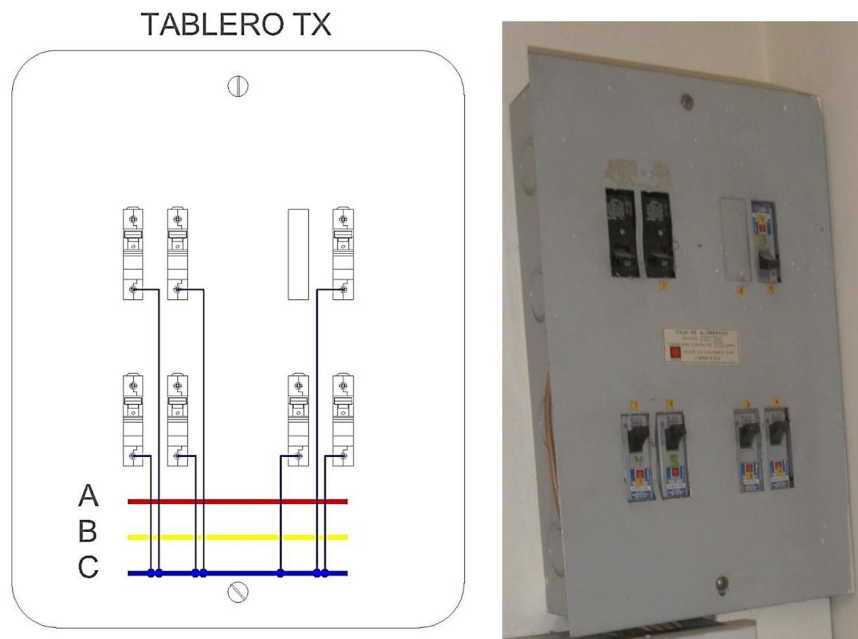


Figura 21. Los Autores Tablero X

Tablero metálico sin tapa, capacidad para 8 circuitos, ubicado en el segundo piso en el área de contabilidad, se alimenta desde un interruptor automático de un circuito ramal del tablero TY. Posee una acometida monofásica con dos conductores # 10 AWG THW Cu (1 Fases + 1 Neutro) dispuestos en un tubo en PVC de $\frac{3}{4}$ ", se sirve del interruptor automático tripolar de 3*125 A del tablero general en baja tensión ubicado en el primer piso. Posee cuatro bloques de barrajes verticales, los cuales están cortocircuitados, de tal forma que todos los circuitos se alimentan por la misma fase y un barraje vertical adicional para el Neutro, no existe barraje para la puesta a tierra y ningún circuito ramal tiene conductor de puesta a tierra. Los conductores de la acometida no cumplen con el código de colores. El tablero dispone de un puesto vacío para futuras ampliaciones.

4.5.13 **TABLERO DE DISTRIBUCIÓN TY**

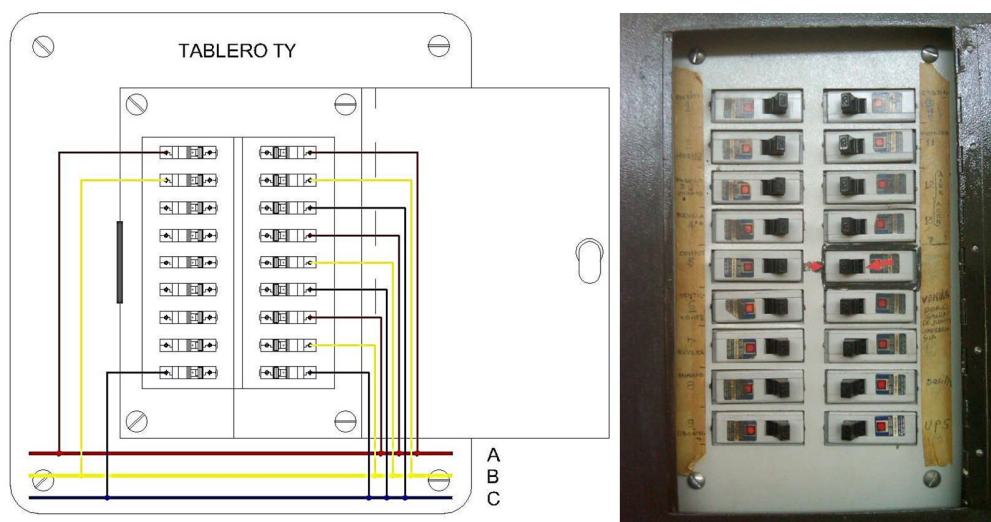


Figura 22. Los Autores Tablero Y

Tablero metálico con tapa, capacidad para 18 circuitos, ubicado en el segundo piso sobre el pasillo al lado de las escaleras. Posee un acometida trifásica compuesta por cuatro conductores # 8 AWG THW Cu (3 Fases + 1 Neutro) contenidos en un tubo en PVC de 2", no tiene interruptor automático, por lo tanto se sirve del interruptor automático tripolar de 3*125 A del tablero general en baja tensión ubicado en el primer piso. Contiene un barraje vertical para las 3 fases y un barraje horizontal para el neutro y otro para la Tierra aunque ningún circuito ramal posee conductor de tuesta a Tierra. Los conductores de la acometida no cumplen con el rotulado de colores. El tablero contiene seis interruptores automáticos sin uso.

4.5.14 **TABLERO DE DISTRIBUCIÓN TZ**

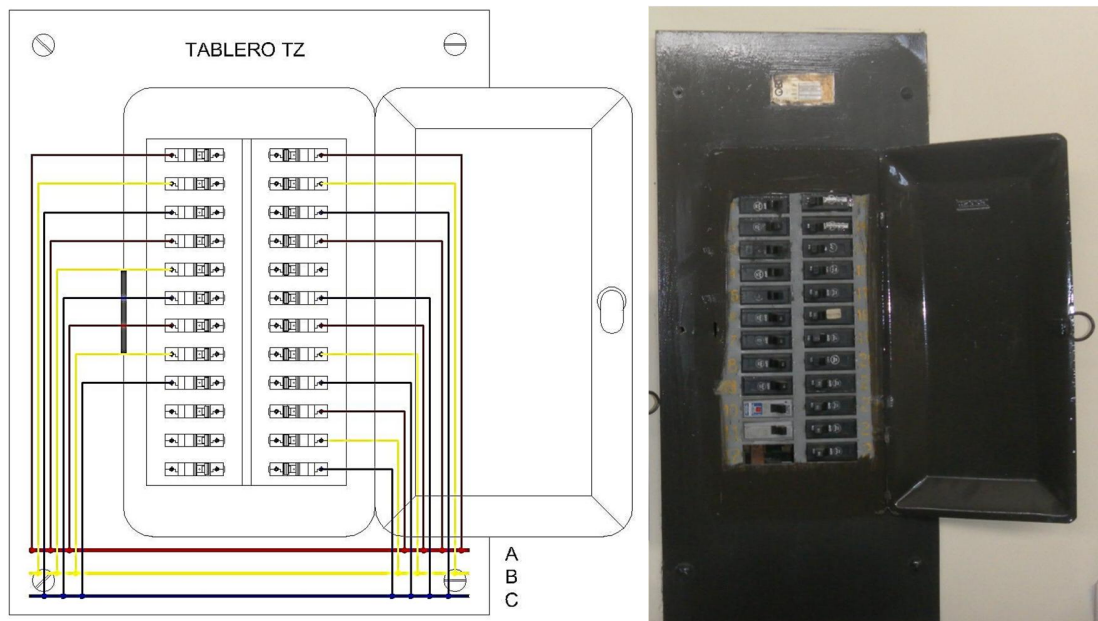


Figura 23.Los Autores Tablero Z

Tablero metálico con tapa, capacidad para 24 circuitos, ubicado en el segundo piso al sobre el pasillo al lado de las escaleras. Se compone por una acometida trifásica con cuatro conductores # 8 AWG THW Cu (3 Fases + 1 Neutro) dispuestos en un tubo en PVC de 1 ¼", no posee interruptor automático, sino que se sirve del interruptor automático tripolar de 3*125 A del tablero general en baja tensión ubicado en el primer piso. Contiene un baraje vertical para las 3 Fases y un barraje horizontal para el neutro y otro para la tierra aunque los circuitos ramales no tienen conductor de puesta a tierra. Los conductores de la acometida no cumplen con el rotulado de colores. El tablero dispone de un puesto vacío para futuras ampliaciones.

5 ANÁLISIS DE LAS REDES ELÉCTRICAS ACTUALES

En este capítulo se realiza un análisis de las variables eléctricas, calculadas o medidas directamente sobre la instalación eléctrica actual del edificio de la Cruz Roja Seccional Santander, con el fin de verificar los límites permisibles según las normativas vigentes y tomar acciones en caso de ser necesario.

5.1 GRÁFICAS DEL ANALIZADOR DE REDES

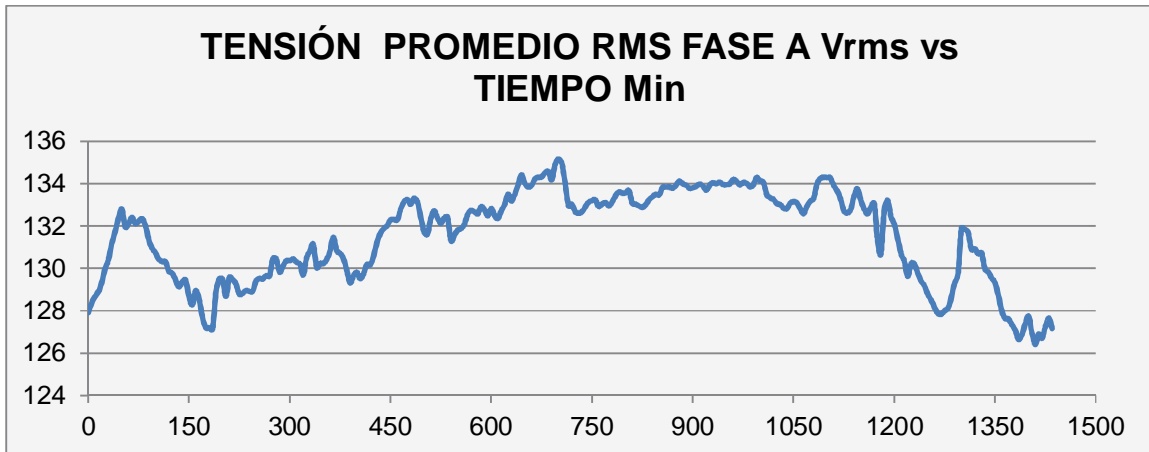
Con el fin de conocer la demanda actual y el estado de las variables eléctricas del edificio de la Cruz Roja Seccional Santander, se realizó un monitoreo de los niveles de tensión, corriente, potencia activa y reactiva, factor de potencia y nivel de armónicos a través del analizador de redes.

Los datos del analizador fueron tomados por un periodo de 5 días desde 11/09/11 hasta el 16/09/11. Una vez tabulados estos datos, se procedió a analizar el día en el cual se presentó la máxima demanda.

A continuación se presentan los datos obtenidos para el día 15/09/11, fecha en la cual se presentó la máxima demanda.

5.1.1 TENSIÓN PROMEDIO DE FASE RMS

FASE A

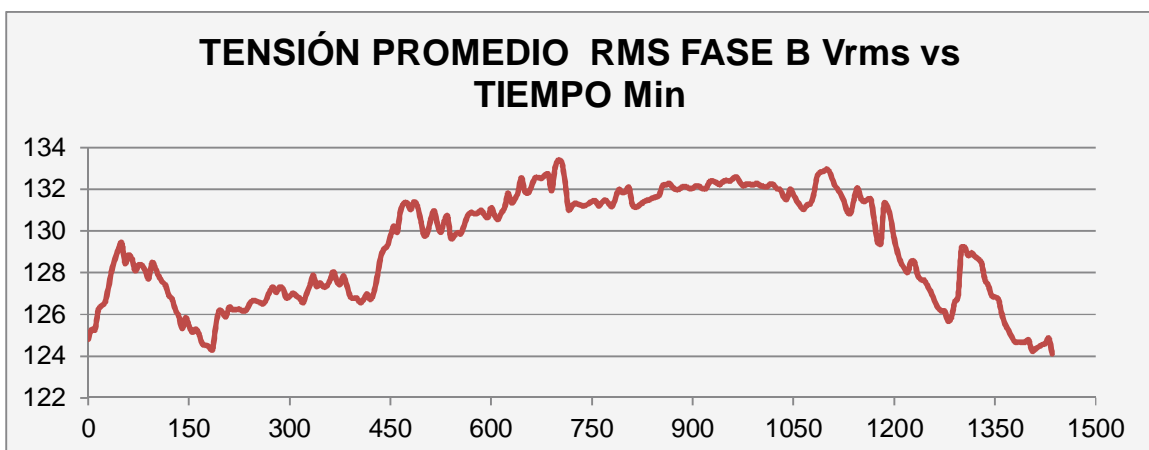


Gráfica 1. Tensión Promedio RMS Fase A VS Tiempo

TENSIÓN PROMEDIO RMS Vrms			
FASE	MIN	MAX	PROM
A	126.4	135.14	131.53

Tabla 13. Los Autores. Tensión Promedio RMS Fase A

FASE B

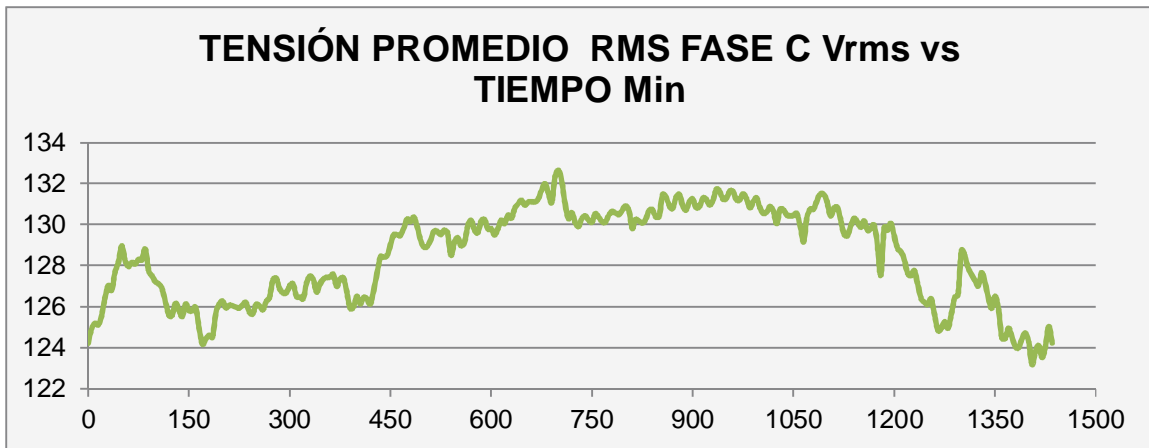


Gráfica 2. Tensión Promedio RMS Fase B VS Tiempo

TENSIÓN PROMEDIO RMS Vrms			
FASE	MIN	MAX	PROM
B	124.10	133.38	129.28

Tabla 14. Los Autores. Tensión Promedio RMS Fase B

FASE C

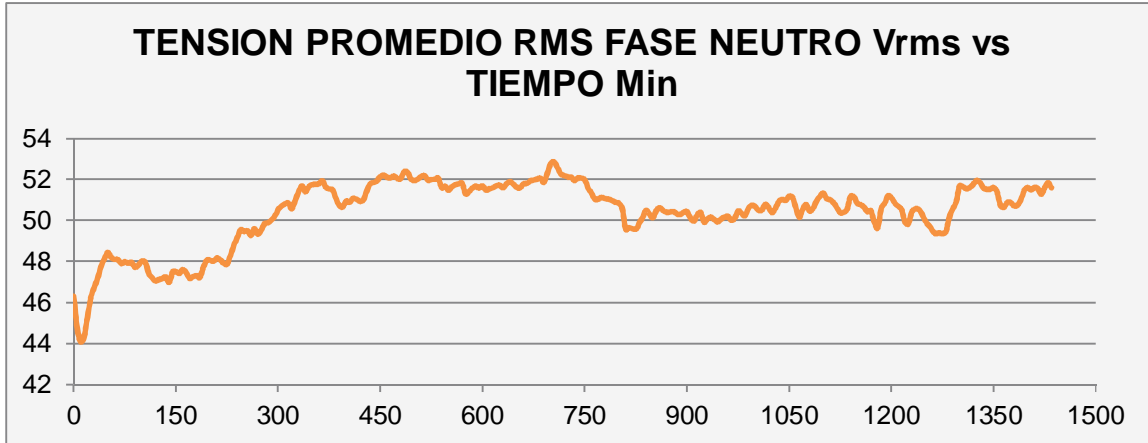


Gráfica 3. Tensión Promedio RMS Fase C VS Tiempo

TENSIÓN PROMEDIO RMS Vrms			
FASE	MIN	MAX	PROM
C	123.19	132.65	128.50

Tabla 15. Los Autores. Tensión Promedio RMS Fase C

NEUTRO



Gráfica 4. Tensión Promedio RMS Fase Neutro VS Tiempo

TENSION PROMEDIO RMS [Vrms]			
FASE	MIN	MAX	PROM
NEUTRO	44.08	52.85	50.40

Tabla 16. Los Autores Tensión Promedio RMS Fase Neutro

RESUMEN TENSIONES PROMEDIO DE FASE RMS [Vrms]			
FASE	MIN	MAX	PROM
A	126.4	135.14	131.53
B	124.10	133.38	129.28
C	123.19	132.65	128.50
NEUTRO	44.08	52.85	50.40

Tabla 17. Los Autores Resumen Tensión Promedio de Fase RMS

De acuerdo con la norma de la ESSA [2] en su sección 2.1.3, la tensión máxima no puede excederse de un 5% de la tensión nominal y no puede reducirse menos de un 10% de la tensión nominal.

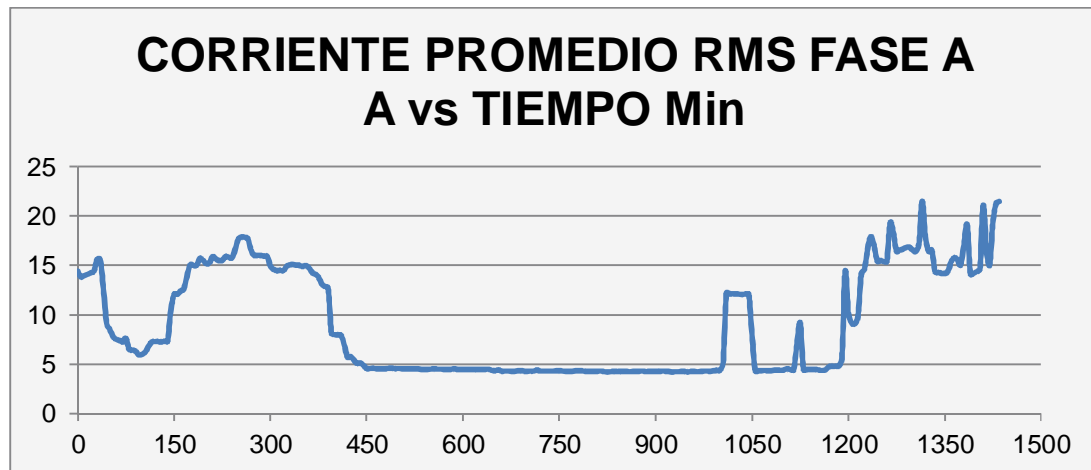
Teniendo en cuenta estas consideraciones y analizando las gráficas obtenidas, se observa que los niveles de tensión no cumplen con los límites permitidos, por lo

tanto se requiere mover el TAP de transformador para regular estas fluctuaciones de tensión y lograr un nivel normalizado de 120 V de tensión de fase.

La Grafica 4 muestra una tensión promedio en el neutro de 50.4 V; debido a esto se requiere equipotencializar el barraje de la Tierra y el Barraje del neutro en el tablero general en baja tensión para obtener una tensión de cero voltios.

5.1.2 CORRIENTE PROMEDIO DE FASE RMS

FASE A

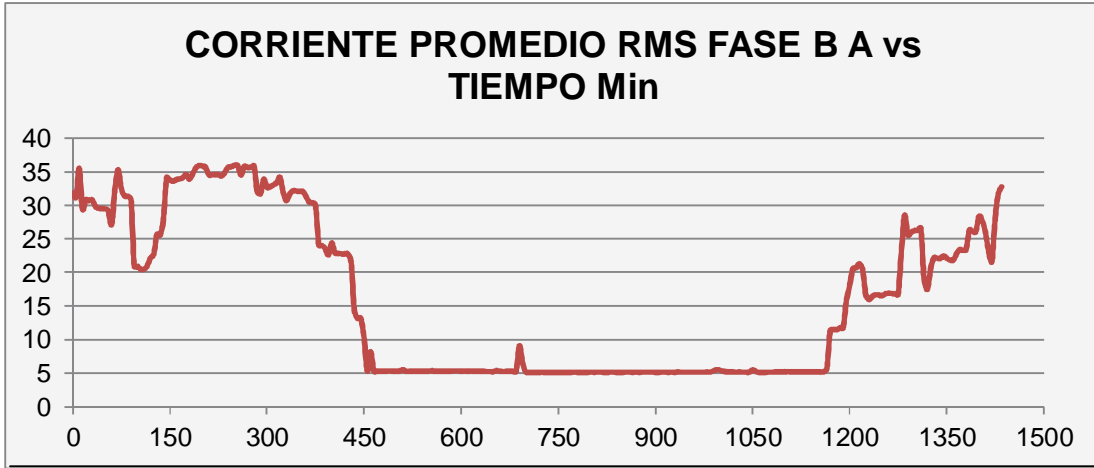


Gráfica 5. Corriente Promedio RMS Fase A VS Tiempo

CORRIENTE PROMEDIO RMS Arms			
FASE	MIN	MAX	PROM
A	4.20	21.50	9.00

Tabla 18. Los Autores Corriente Promedio RMS Fase A

FASE B

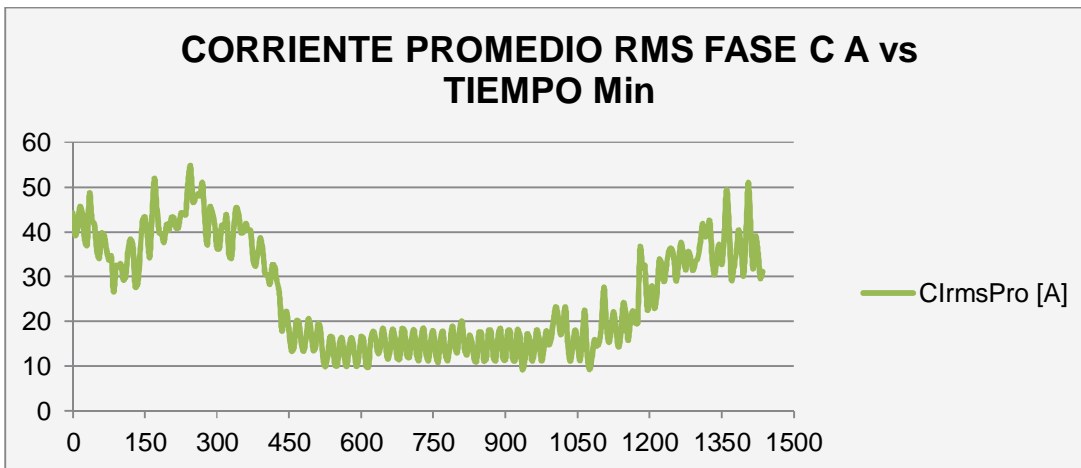


Gráfica 6. Corriente Promedio RMS Fase B VS Tiempo

CORRIENTE PROMEDIO RMS Arms			
FASE	MIN	MAX	PROM
B	5.07	35.98	15.98

Tabla 19. Los Autores. Corriente Promedio RMS Fase B

FASE C

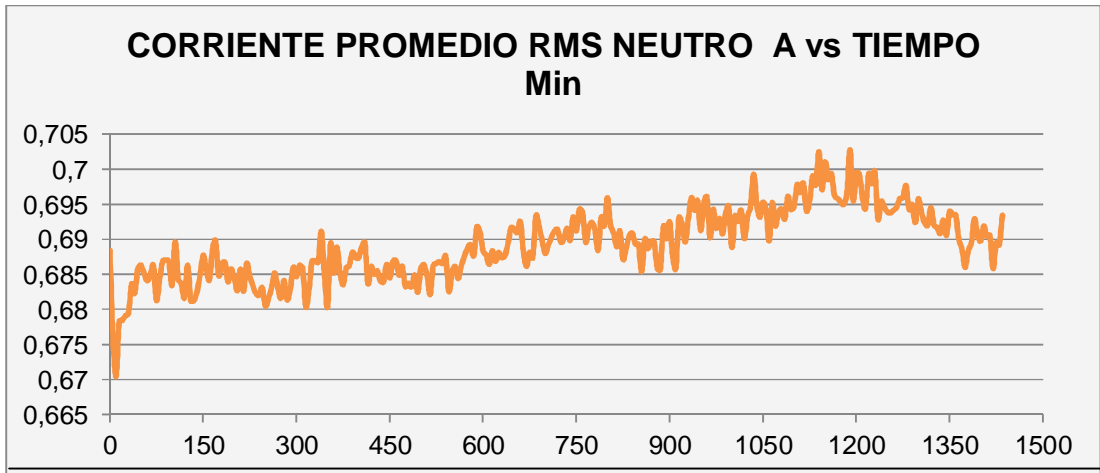


Gráfica 7. Corriente Promedio RMS Fase C VS Tiempo

CORRIENTE PROMEDIO RMS Arms			
FASE	MIN	MAX	PROM
C	9.23	54.68	26.01

Tabla 20. Los Autores. Corriente Promedio RMS Fase C

NEUTRO



Gráfica 8. Corriente Promedio RMS Neutro VS Tiempo

CORRIENTE PROMEDIO RMS Arms			
FASE	MIN	MAX	PROM
NEUTRO	0.67	0.70	0.69

Tabla 21. Los Autores. Corriente Promedio RMS Neutro

RESUMEN CORRIENTES PROMEDIO DE FASE RMS Arms			
FASE	MIN	MAX	PROM
A	4.20	21.50	9.00
B	5.07	35.98	15.98
C	9.23	54.68	26.01
NEUTRO	0.67	0.70	0.69

Tabla 22. Los Autores. Resumen Corriente Promedio de Fase RMS

De acuerdo con los valores obtenidos de corriente y a las gráficas de cada una de las fases, se observa una diferencia significativa en los valores de los mínimos, lo cual supone que existe un desbalance de las fases de la acometida del tablero de baja tensión desde los bornes del transformador.

Teniendo en cuenta que la mayor corriente máxima de las tres fases es 54.68 A y considerando que el calibre de la acometida es 2/0 AWG THW Cu cuya capacidad de corriente es 145 A a 60°C, se observa que el calibre del conductor soporta las condiciones de corriente cuando se presenta la máxima demanda.

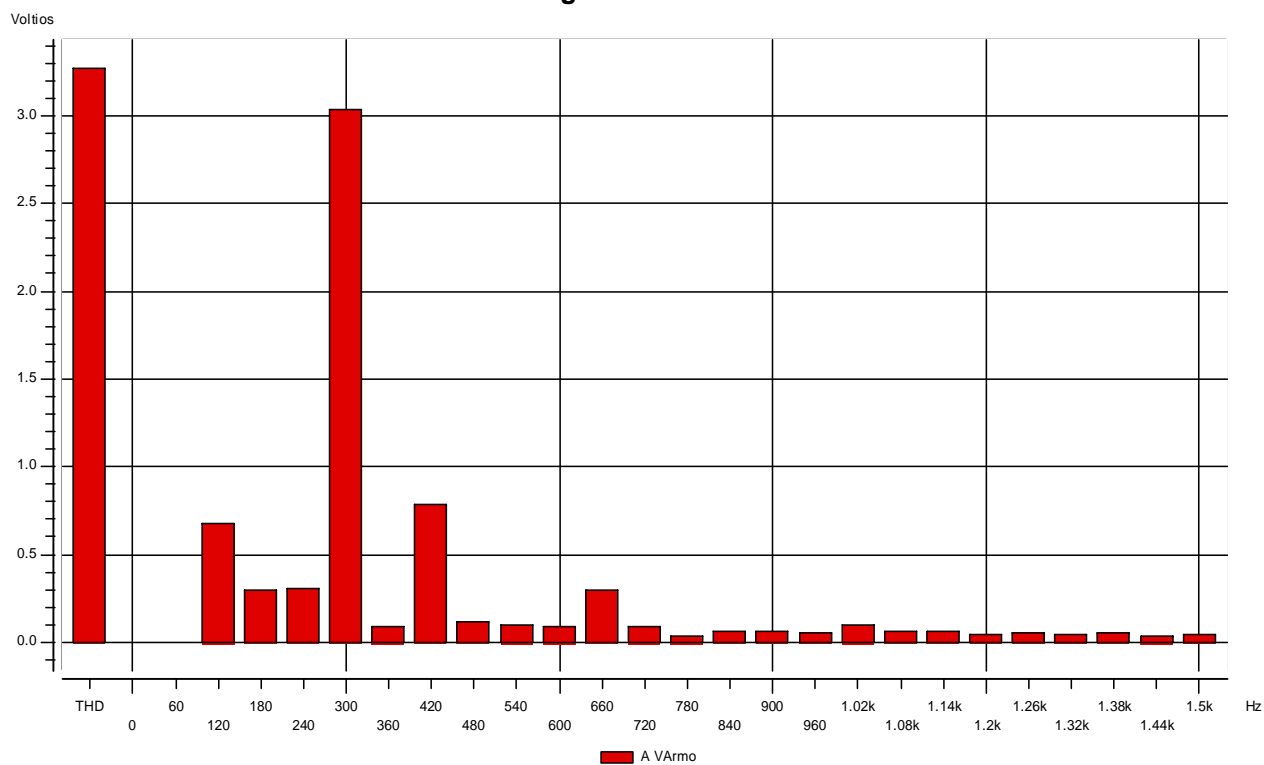
5.1.3 NIVEL DE ARMÓNICOS

ARMÓNICOS DE TENSIÓN

FASE A

Dran-View 6.7.01 HASP : 256404389 (F486BA5h)

Diagrama de DFT



Gráfica 9. Armónicos de Tensión Fase A

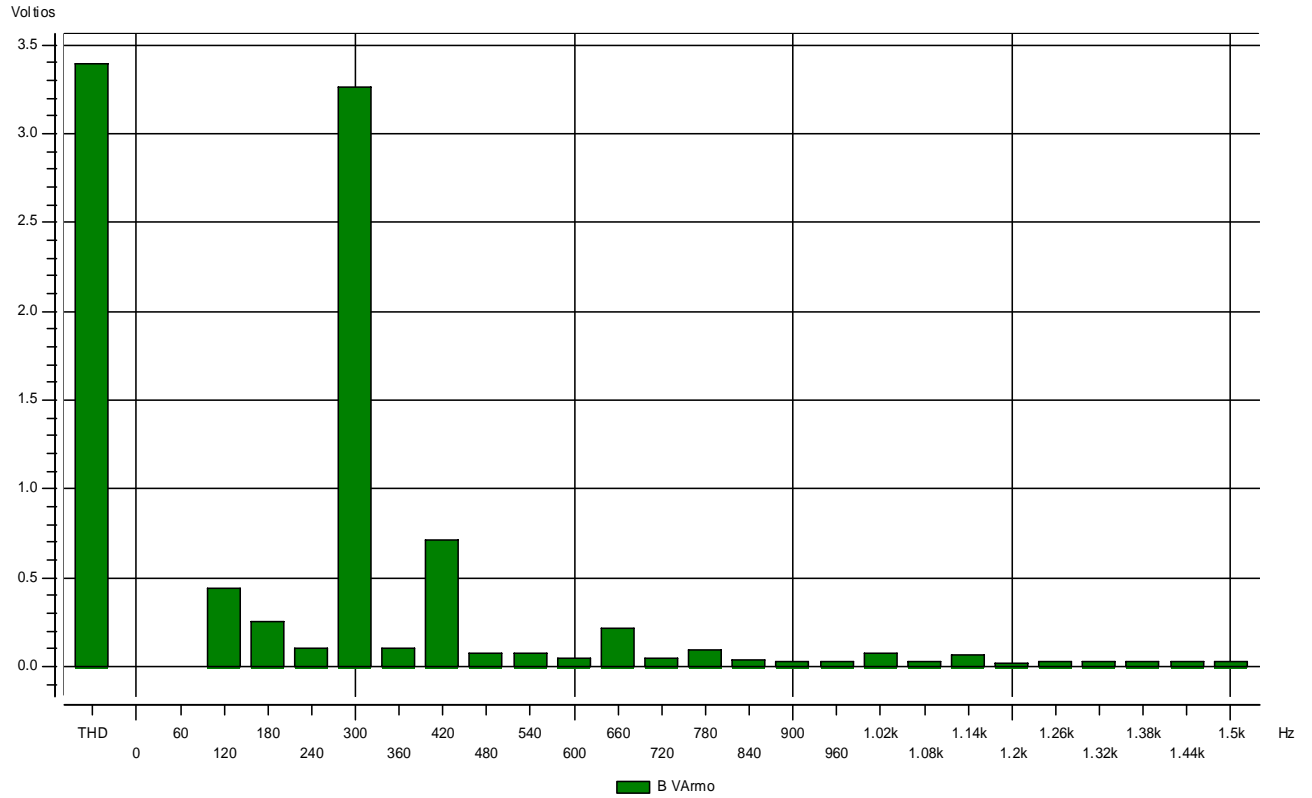
TENSIÓN RMSTOTAL	132.59
TENSIÓN DE LA FUNDAMENTAL RMS	132.55
NIVEL DE DC	-0.02
DISTORCION ARMONICA TOTAL -THD	3.27

Tabla 23. Los Autores. Armónicos de Tensión Fase A

FASE B

Dran-View 6.7.01 HASP : 256404389 (F486BA5h)

Diagrama de DFT



Gráfica 10. Armónicos de Tensión Fase B

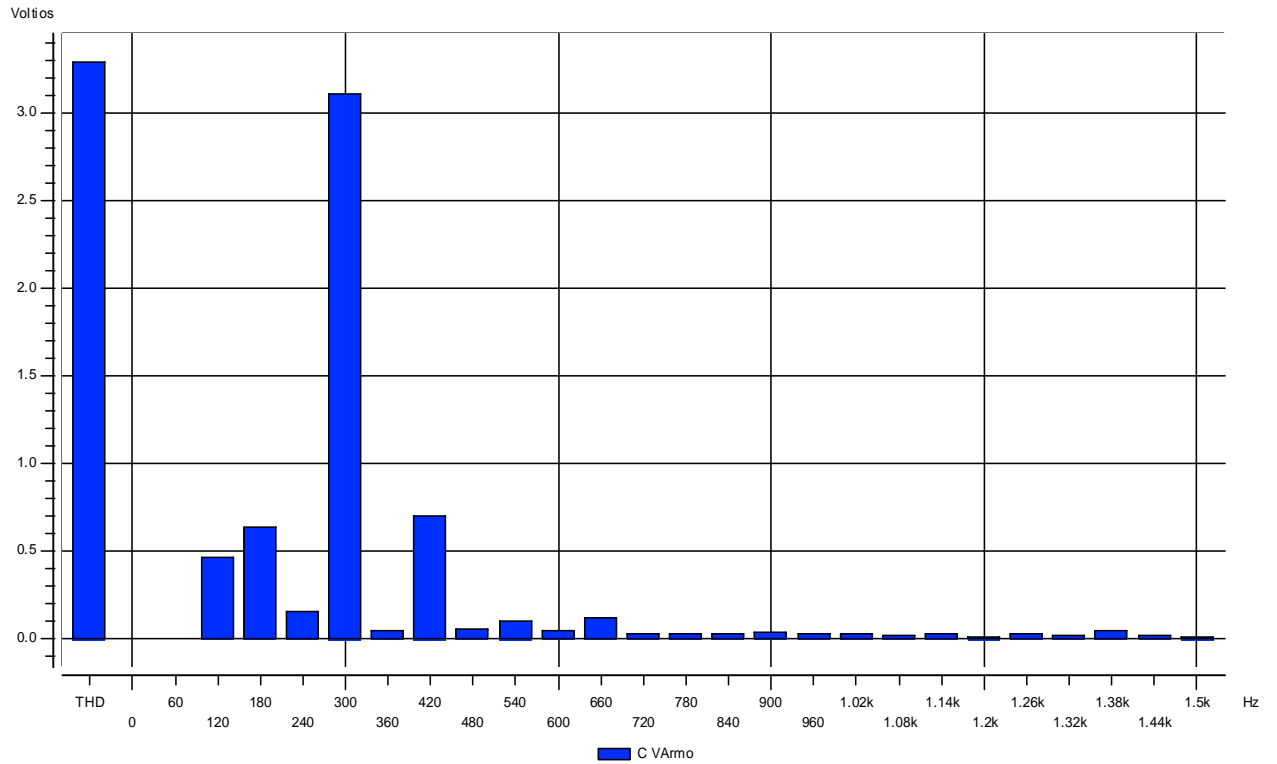
	VB
TENSIÓN RMSTOTAL	130.61
TENSIÓN DE LA FUNDAMENTAL RMS	130.56
NIVEL DE DC	-0.63
DISTORCION ARMONICA TOTAL -THD	3.39

Tabla 24. Los Autores. Armónicos de Tensión Fase B

FASE C

Dran-View 6.7.01 HASP : 256404389 (F486BA5h)

Diagrama de DFT



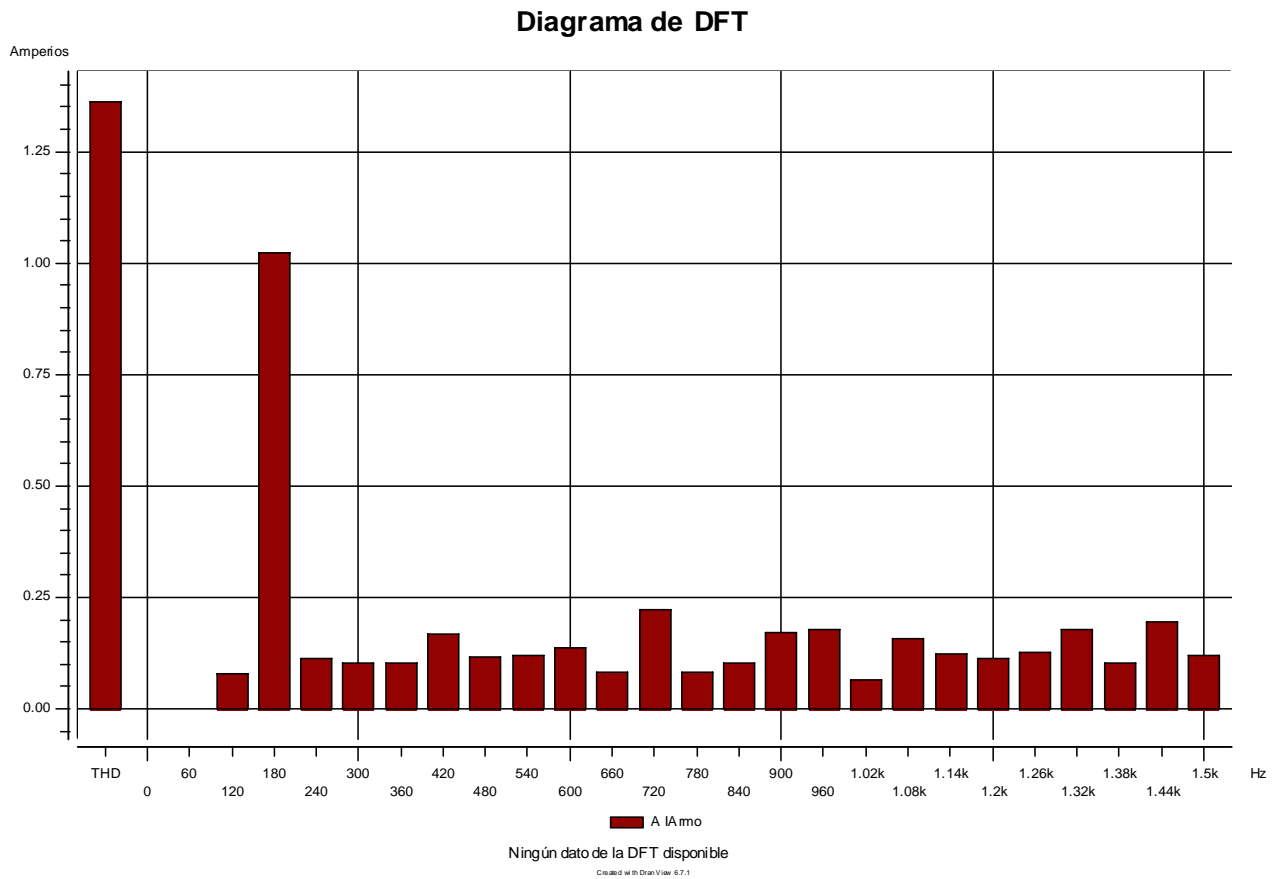
Gráfica 11. Armónicos de Tensión Fase C

	VC
TENSIÓN RMSTOTAL	128.86
TENSIÓN DE LA FUNDAMENTAL RMS	128.82
NIVEL DE DC	0.63
DISTORSIÓN ARMONICA TOTAL -THD	3.29

Tabla 25. Los Autores. Armónicos de Tensión Fase B

ARMÓNICOS DE CORRIENTE

FASE A



Gráfica 12. Armónicos de Corriente Fase A

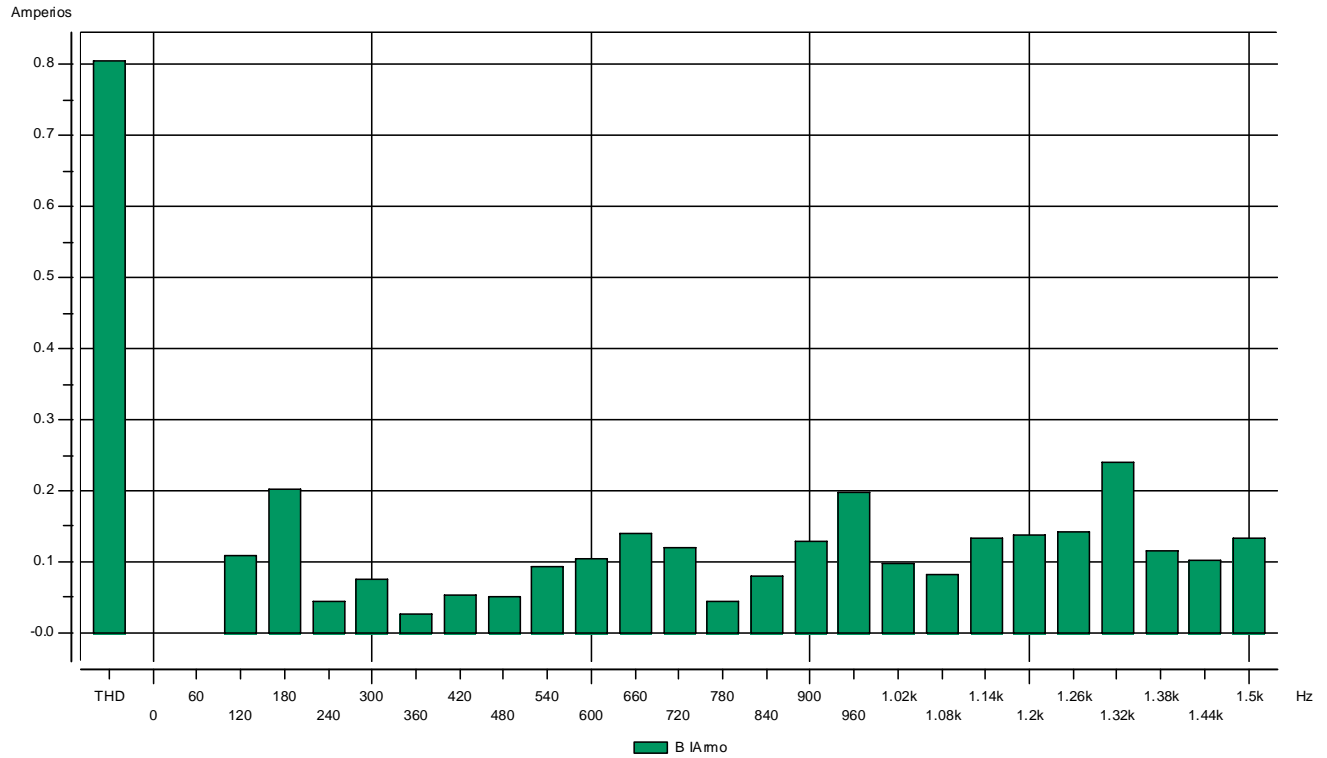
	IA
CORRIENTE RMS TOTAL	4.23
CORRIENTE DE LA FUNDAMENTAL RMS	3.07
NIVEL DE DC	2.42
DISTORCION ARMONICA TOTAL -THD	1.36

Tabla 26. Los Autores. Armónicos de Tensión Fase A

FASE B

Dran-View 6.7.01 HASP : 256404389 (F486BA5h)

Diagrama de DFT



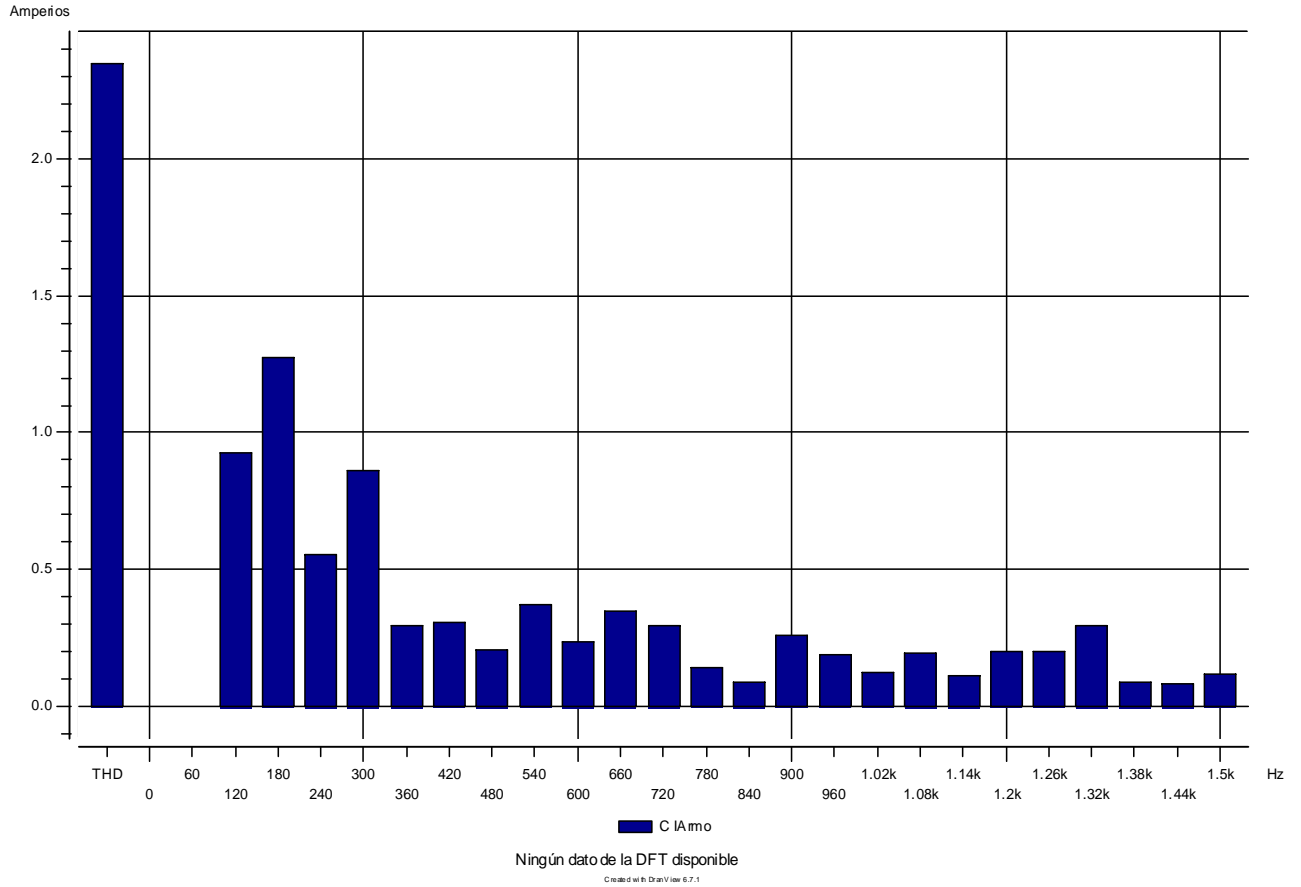
Gráfica 13. Armónicos de Corriente Fase B

	IB
CORRIENTE RMS TOTAL	4.97
CORRIENTE DE LA FUNDAMENTAL RMS	1.34
NIVEL DE DC	4.66
DISTORCION ARMONICA TOTAL -THD	0.81

Tabla 27. Los Autores. Armónicos de Tensión Fase B

FASE C

Diagrama de DFT



Gráfica 14. Armónicos de Corriente Fase C

	IC
CORRIENTE RMS TOTAL	20.72
CORRIENTE DE LA FUNDAMENTAL RMS	20.21
NIVEL DE DC	3.77
DISTORCION ARMONICA TOTAL -THD	2.35

Tabla 28. Los Autores. Armónicos de Tensión Fase C

	A	B	C
THD TENSIÓN	2.47%	2.59%	2.55%
THD CORRIENTE	32.15%	16.29%	11.34%

Tabla 29. Los Autores. Nivel de Armónicos de Tensión y Corriente

De acuerdo con los datos obtenidos y a la norma IEEE 1159-2009 la cual establece que el nivel de armónicos debe estar entre el 0% y el 20%, se observa que el nivel de armónicos de la corriente de la fase A no cumple con los límites permisibles, esto se debe al notorio desbalance de la carga que existe en las fases de la acometida principal.

5.1.4 POTENCIA Y FACTOR DE POTENCIA

POTENCIA ACTIVA P W

	A	B	C
Min kW	0.38	0.14	0.72
Máx kW	2.65	4.18	6.02
Promedio kW	0.90	1.59	2.62

Tabla 30. Los Autores. Potencia Activa por Fase

POTENCIA APARENTE, S VA

	A	B	C
Min kW	0.56	0.67	1.10
Máx kW	2.98	4.57	6.81
Promedio kW	1.18	2.04	3.34

Tabla 31. Los Autores. Potencia Aparente por Fase

POTENCIA REACTIVA Q,

	A	B	C
Min kW	0.11	-0.14	0.68
Máx kW	1.60	2.26	4.02
Promedio kW	0.54	0.64	1.91

Tabla 32. Los Autores. Potencia Reactiva por Fase

La máxima potencia trifásica obtenida fue de 13,18 kVA cuando se presentó la demanda máxima, esto permite observar que el transformador de 45 kVA está trabajando al 29.3% de su capacidad nominal, por tanto transformador se encuentra sobredimensionado, produciendo pérdidas de potencia y económicas.

FACTOR DE POTENCIA

	A	B	C
Min	0.66	-0.83	0.61
Máx	0.97	0.96	0.96
Promedio	0.74	0.30	0.75

Tabla 33. Los Autores. Factor de Potencia por Fase

También se observa que el factor de potencia promedio en la fase B es demasiado bajo, lo cual podría asociarse al deterioro de las luminarias tipo fluorescente y al mal funcionamiento de los balastos.

5.2 NIVELES DE ILUMINACIÓN

Para efectuar el análisis de los niveles de iluminación, se realizó la medición de iluminancia directa empleando el luxómetro, para hacer dicha medición se tuvo en cuenta la altura del plano de trabajo a 75 cm si la actividad efectuada es sentado o a 85 cm si la actividad se realiza de pie, además la cabeza de detección debe estar paralela al piso y dirigida hacia el foco de luz; Se dividió el área de trabajo en una cuadrícula de 1*1 m, tomando en cada uno de los puntos centrales el valor de iluminancia en luxes; Para la medición de la reflectancia se ubica la cabeza detectora hacia el piso, la pared o el techo según en donde se realice la medición, a una altura de 15cm

REFLECTANCIA Y ALTURA DE LAS CAVIDADES				
BODEGA 1 PRIMER PISO				
Dimensiones	Ancho m		Largo m	
		5.9		8.85
Reflectancias		Color	Superficie	Valor %
	Techo pt	Blanco	Lisa	94
	Pared pmw	Blanco	Lisa	63.96
	Piso pf	Rojo Oscuro	Tableta	11
Altura Cavidad	Techo	Local	Piso	
	0	1.85	0.85	

Tabla 34. Los Autores. Reflectancia y Altura de las cavidades

NIVELES DE ILUMINACIÓN SOBRE EL PLANO DE TRABAJO								
Lx								
57	51	54	44	111	110	158	90	53
103	108	87	71	95	170	247	139	72
113	120	109	94	123	219	260	171	81
63	124	138	110	96	104	172	174	84
52	70	85	77	152	183	144	90	59
30	39	41	52	75	117	124	81	42

Tabla 35. Los Autores. Niveles de Iluminancia

Una vez tabulados estos valores, se calcula el nivel de iluminancia promedio, mínimo, máximo y el coeficiente de uniformidad, los cuales se registran en la siguiente tabla:

Em	Emm	Emn	Emin	Emax	Emin/Emm	Emin/Emax	%Cump
105	103	100	30	260	0.29	0.12	103

Tabla 36. Los Autores. Iluminancia Promedio y Coeficiente de Uniformidad

Em = Iluminancia promedio

Emm = Iluminancia promedio medida

Emn = Iluminancia promedio permisible (RETILAP [1])

Emin = Iluminancia mínima

Emax = Iluminancia máxima

Emin/Emm = Coeficiente de uniformidad

% Cump = Porcentaje de cumplimiento, es la relación entre la iluminancia promedio medida y la iluminancia promedio permisible (RETILAP [1])

De acuerdo con los valores obtenidos, se observa que el nivel de iluminancia está dentro de los límites permisibles, ya que el porcentaje de cumplimiento que es la relación entre la iluminancia promedio medida y la iluminancia promedio permisible es mayor a 100.

5.2.1 RESUMEN DE LOS DATOS OBTENIDOS

Después de describir el proceso de medición, se realiza una tabla resumen en la cual se presentan los valores de iluminancia obtenidos en cada una de las áreas del edificio.

NIVELES DE ILUMINANCIA PRIMER PISO									
Ubicación	Em (media) Lx	Em Medida Emm Lx	Em Norma Emn Lx	Emin Lx	Emax Lx	Coefficiente Uniformidad Emin/Emm	Emin/Emax	(%) Cumpliment	Sistema iluminación
Toma de muestras	264	264	300	164	358	0.62	0.46	88.00	General
Recepción	280	276	300	225	364	0.82	0.62	92.00	General
Nevera	226	221	300	134	325	0.61	0.41	73.67	General
Citología	282	266	300	174	488	0.65	0.36	88.67	General
Pasillo Nevera	287	225	50	204	432	0.91	0.47	450.00	General
Laboratorio	564	569	300	267	1015	0.47	0.26	189.67	General
Rayos X	181	188	300	95	320	0.51	0.30	62.67	General
Despacho Radiología	212	190	300	145	292	0.76	0.50	63.33	General
Toma de Rayos X	150	150	300	115	225	0.77	0.51	50.00	General
Cuarto Oscuro	91	62	300	40	202	0.65	0.20	20.67	General
Consultorio Fisioterapia	30	32	300	17	41	0.53	0.41	10.67	General
Fisioterapia 1	76	75	300	25	163	0.33	0.15	25.00	General
Fisioterapia 2	116	120	300	24	215	0.20	0.11	40.00	General
Rayos X Odontología	148	160	300	135	160	0.84	0.84	53.33	General
Esterilización Odontología	78	77	300	68	83	0.88	0.82	26	General
Odontología	349	333	300	112	496	0.34	0.23	111.00	General
Citas	126	121	300	31	198	0.26	0.16	40.33	General
Curaciones	244	266	300	150	330	0.56	0.45	88.67	General

Procedimientos menores	278	279	500	144	393	0.52	0.37	55.80	General
Consultorio 1	291	294	300	125	468	0.43	0.27	98.00	General
Consultorio 2	200	200	300	140	310	0.70	0.45	66.67	General
Consultorio 3	201	200	300	95	313	0.48	0.30	66.67	General
Consultorio 4	211	217	300	45	376	0.21	0.12	72.33	General
Caja	198	199	300	130	264	0.65	0.49	66	General
Información	186	183	300	126	245	0.69	0.51	61.00	General
Vacunación	97	95	300	78	132	0.82	0.59	31.67	General
Bodega 1	105	103	100	30	260	0.29	0.12	103	General
Escaleras Bodega	27	25	100	17	45	0.68	0.38	25.00	General
Desechos	203	223	100	144	280	0.65	0.51	223.00	General
Vestidor Vigilancia	214	220	100	208	220	0.95	0.95	73.33	General
Oficina 1	151	154	300	94	279	0.61	0.34	51.33	General
Oficina 2 1er piso	255	230	300	120	356	0.52	0.34	76.67	General
Sala de espera 2	33	32	50	4	98	0.13	0.04	64.00	General
Sala de espera 1	38	42	50	2	121	0.05	0.02	84.00	General
Pasillo atrás de consultorios	58	55	50	11	265	0.20	0.04	110.00	General
Dormitorio Voluntariado	44	40	300	0	108	0	0.00	13.33	General
Baño Voluntariado	74	74	100	9	124	0.12	0.07	74.00	General
Cuarto de atrás de voluntarios	87	85	300	61	128	0.72	0.48	28.33	General
Baño al lado de Rayos X	344	344	100	344	344	1.00	1.00	344.00	General
Oftalmología	209	213	300	57	329	0.27	0.17	71.00	General

Tabla 37. Los Autores. Resumen de los niveles de iluminancia Primer Piso

NIVELES DE ILUMINANCIA SEGUNDO PISO									
Ubicación	Em (media) Lx	Em Medida Emm Lx	Em Norma Emn Lx	Emin Lx	Emax Lx	Coefficiente Uniformidad Emin/Emm	Emin/Emax	(%) Cumpliment	Sistema iluminación
Bodega 2	67	71	100	16	142	0.23	0.11	71.00	General
Oficina Almacenista	251	260	300	124	479	0.48	0.26	86.67	General
Pasillo Ricardo	47	49	50	12	120	0.24	0.10	98.00	General
Cuarto de Herramientas	104	108	100	66	150	0.61	0.44	108.00	General
Bodega Socorro	88	88	100	2	156	0.02	0.01	88.00	General
Damas Grises	138	141	300	60	263	0.43	0.23	47.00	General
Baño Damas Grises	56	54	50	54	57	1.00	0.95	108.00	General
Gestión Humanitaria	252	250	300	56	420	0.22	0.13	83.33	General
Sala de Voluntariado	210	208	300	97	380	0.47	0.26	69.33	General
Salón 1	173	174	300	94	275	0.54	0.34	58.00	General
Salón 2	138	138	300	100	178	0.72	0.56	46.00	General
Cafetería	119	117	100	50	169	0.43	0.30	117.00	General
Baño Cafetería	125	125	100	125	125	1.00	1.00	125.00	General
Pasillo acceso salón 2	116	104	50	38	252	0.37	0.15	208.00	General
Pasillo Principal	47	46	50	6	118	0.13	0.05	92.00	General
Salón Carmen Sofía	208	208	300	51	344	0.25	0.15	69.33	General
Capacitación Externa	182	183	300	95	294	0.52	0.32	61.00	General
Presidencia	231	232	300	137	323	0.59	0.42	77.33	General
Telemática	125	120	300	52	247	0.43	0.21	40.00	General
Baño Hombres	24	25	100	18	28	0.72	0.64	25.00	General
Baño Mujeres	24	23	100	22	26	0.96	0.85	23.00	General
Presidencia	225	214	300	136	345	0.64	0.39	71.33	General
Baño presidencia	59	63	100	34	81	0.54	0.42	63.00	General
Secretaría	216	220	300	135	326	0.61	0.41	73.33	General
Contador	231	248	300	120	359	0.48	0.33	82.67	General
Contabilidad	163	156	300	77	287	0.49	0.27	52.00	General

Tabla 38. Los Autores. Resumen de los niveles de iluminancia Segundo Piso

5.2.2 ANÁLISIS POR EL MÉTODO DE LAS CAVIDADES ZONALES

Con el propósito de realizar una comparación con los datos obtenidos, se aplica el método de las cavidades zonales para hallar la iluminancia promedio, la cual se calcula a través de la siguiente expresión:

$$E_{prom} = \frac{N.n.\theta.CU.FM}{L.a} \quad [\text{Ecu. 7}]$$

Se realiza un cálculo tipo para el método de las cavidades zonales para la bodega 1 del primer piso, la cual presenta las siguientes características:

REFLECTANCIA Y ALTURA DE LAS CAVIDADES				
BODEGA 1 PRIMER PISO				
Dimensiones	Ancho m		Largo m	
	5.9		8.85	
Reflectancias		Color	Superficie	Valor %
	Techo pt	Blanco	Lisa	94
	Pared pmw	Blanco	Lisa	63.96
	Piso pf	Rojo Oscuro	Tableta	11
Altura Cavity m	Techo hct	Local hcl	Piso hcf	
	0	1.85	0.85	

Tabla 39. Los Autores. Reflectancia y Altura de las cavidades

ESPECIFICACIONES DE LAS LUMINARIAS	
NUMERO DE LUMINARIAS TOTALES (N)	4
NUMERO DE BOMBILLAS POR LUMINARIA (n)	1
FLUJO LUMINOSO DE UNA BOMBILLA (Q) LUMENES	2325
LUMINARIA	
MARCA	PHILIPS
REFERENCIA	Fluorescente F20-T12/CW
POTENCIA W	40

Tabla 40. Los Autores. Especificaciones de las luminarias de la Bodega 1

De acuerdo con la norma técnica RETILAP [1] en su sección 430.2, se calculan los índices de las cavidades de techo, local y piso a través de la altura de cada una de las ellas, aplicando las siguientes expresiones:

Índice de cavidad de techo $R_{ct} = \frac{5 \cdot hc \cdot (1+a)}{(1 \cdot a)}$ [Ecu. 8]

Índice de cavidad local $R_{cl} = \frac{5 \cdot hl \cdot (1+a)}{(1 \cdot a)}$ [Ecu. 9]

Índice de cavidad de piso $R_{cf} = \frac{5 \cdot hf \cdot (1+a)}{(1 \cdot a)}$ [Ecu.10]

Los índices de cavidad se presentan en la siguiente tabla:

INDICES DE CAVIDAD		
TECHO R _{ct}	LOCAL R _{cl}	PISO R _{cf}
0	2,613	1,201

Tabla 41. Los Autores. Índices de cavidad para Bodega 1

De acuerdo con el Handbook de la IES en la sección de cálculos para iluminación, se considera que cuando la superficie de reflectancia no es la misma para todas partes, se calcula la reflectancia media a través de la Ecuación 11.

— [Ecu.11]

Para nuestro caso, la reflectancia de pared depende también de las reflectancias de las puertas, es por esto que se calcula la reflectancia media de pared ayudados de la Figura 23.

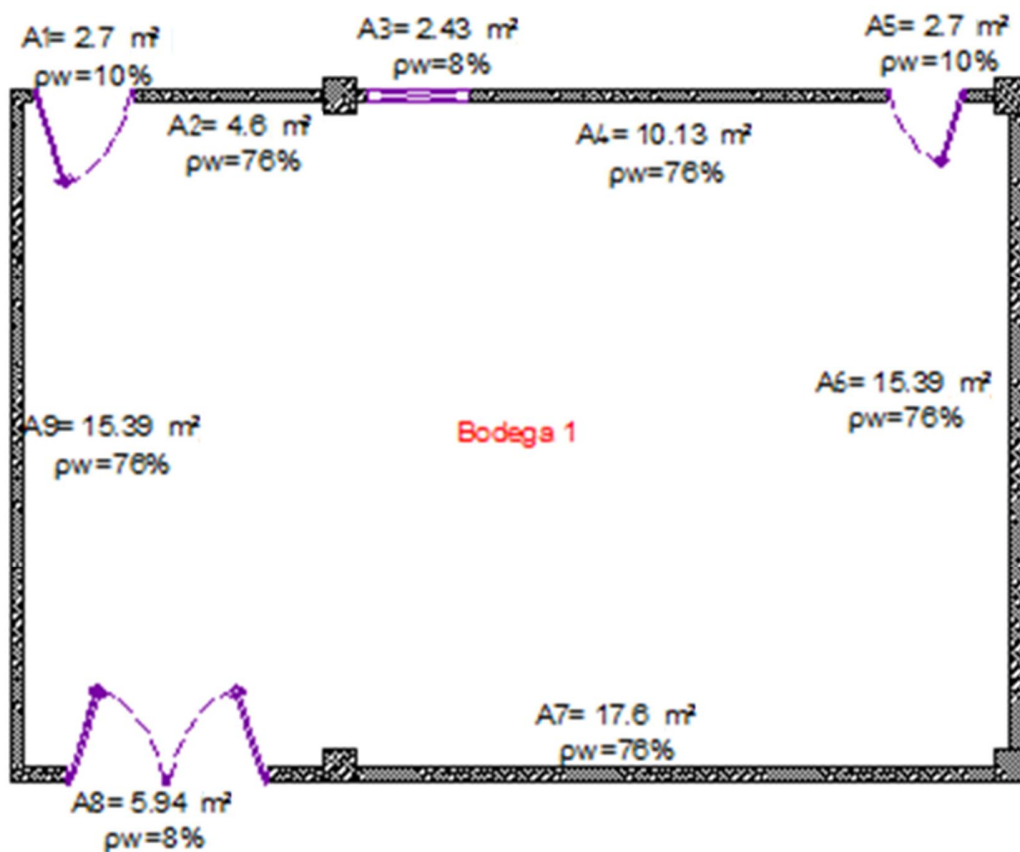


Figura 24. Áreas y Reflectancia de Pared de la Bodega 1

Una vez obtenidas las reflectancias y los índices de cavidad, se determinan las reflectancias efectivas de techo y piso según la Figura 9-27 del Handbook de la IES. Debido a que el índice de cavidad de techo es cero, se calcula solamente la reflectancia efectiva de piso.

% pf	10		
% pmw	70	63.96	60
Rcf			
1.2	14	13.4	13

Tabla 42. Los Autores. Interpolación para calcular la Reflectancia Efectiva de Piso

Por lo tanto la Reflectancia Efectiva de Piso **pef** es de 13.4%.

Una vez obtenida la reflectancia efectiva de piso, se determina el factor de utilización (FU) a través de la figura 9-28 del Handbook de la IES para la luminaria especificada en la Tabla 43.

	% pef = 13.4		
% pt	80		
% pmw	70	63.96	50
Rcl			
2	0.83	0.806	0.75
2.61		0.753	
3	0.75	0.72	0.65

Tabla 43. Los Autores. Interpolación para calcular el Coeficiente de Utilización

El coeficiente de utilización (FU) es igual a **0.753**, pero debido a que la reflectancia efectiva de piso es diferente de 20%, se calcula el factor de corrección.

	% pef = 13.4		
% pt	80		
% pmw	70	63.96	50
Rcl			
2	0.931	0.937	0.942
2.61		0.943	
3	0.939	0.946	0.951

Tabla 44. Los Autores. Interpolación para calcular el Factor de Corrección

El factor de corrección es de **0.943**, por lo tanto el factor de utilización corregido es:

$$F_U = (0,753)(0,943) = 0,71$$

Se calcula ahora el factor de mantenimiento (FM), el cual está dado por la siguiente expresión:

$$F_M = F_E \cdot DLB \cdot F_b$$

Dónde:

F_E = Depreciación de la luminaria por ensuciamiento

DLB = Depreciación por disminución del flujo luminoso de la bombilla

F_b = Factor de balasto

Ante de calcular la iluminancia promedio, se realiza un resumen de los datos obtenidos.

Numero de luminarias en el local (N)	4
Numero de Bombillas Por Luminaria (n)	1
Flujo Luminoso de una Bombilla (θ)	3200
Factor de Utilización (FU)	0.71
Factor de Mantenimiento (FM)	0.47
Depreciación por Ensuciamiento (FE)	0.7
Depreciación por Disminución del Flujo Luminoso (DLB)	0.75
Factor de Balasto (Fb)	0.9
Ancho (a)	5.9
Largo (l)	8.85

Tabla 45. Los Autores. Datos para el Cálculo de la Iluminancia Promedio

$$E_{prom} = \frac{(4)(1)(3200)(0.71)(0.47)}{(8.85)(5.9)}$$

$$E_{prom} = 82.25 \text{ Lx}$$

Obtenida la Iluminancia promedio por el método de las cavidades zonales, se observa que este valor difiere del valor tomado con el Luxómetro en un 7.9 %.

A continuación se presenta las tablas resumen de la iluminancia promedio calculada por el método de las cavidades zonales.

ILUMINANCIA PROMEDIO METODO DE LAS CAVIDADES ZONALES PRIMER PISO

ÁREA	LUMINARIAS						DIMENSIONES LOCAL		REFLECTANCIAS			h CAVIDADES			FU CORRE	FM	Eprom
	MARCA	REFERENCIA	# LUM	# BOM	FLU.	POT. W	(a)	(l)	% ρt	% ρw	% ρf	hct	hcl	hcf			
Toma Muestras	Sylvania	F40-T12/CW	2	1	3200	40	2.95	2.9	94	57.0	18	0	1.85	0.85	0.460	0.47	162.54
Recepción	Sylvania	F40-T12/DSG	2	1	2200	40	2.95	1.7	94	49.7	18	0	1.85	0.85	0.343	0.47	142.16
Nevera	Sylvania	F40-T12/CW	1	1	3200	40	1.8	2.9	94	70.8	18	0	1.85	0.85	0.495	0.47	143.49
Citología	Philips	F40-T12/DLX	2	2	2325	40	5.95	2.9	94	57.4	18	0	1.85	0.85	0.543	0.47	138.19
Pasillo Nevera	Sylvania	F40-T12/DSG	1	2	2200	40	1	2.9	94	58.5	18	0	1.85	0.85	0.193	0.47	138.61
Laboratorio	Sylvania	F40-T12/DSG	6	2	2200	40	5.92	7.35	94	57.4	18	0	1.85	0.85	0.665	0.47	190.72
Rayos X	Philips	F40-T12/DLX	2	2	2325	40	4.1	4.65	67	53.0	18	0	1.85	0.85	0.536	0.47	123.47
Despacho radiología	Philips	F40-T12/RS	1	2	2325	40	2.45	3.25	67	58.8	18	0	1.85	0.85	0.446	0.47	123.04
Toma Rayos X	Sylvania	F40-T12/DSG	1	1	2200	40	1.65	2.9	67	61.1	18	0	1.85	0.85	0.410	0.47	89.18
Cuarto Oscuro	Sylvania	Espiral Compact T2	1	1	1425	25	1.6	1.9	4	4.0	18	0.7	1.15	0.85	0.236	0.5	55.09
Consultorio Fisioterapia	Philips	F20-T12/SL	2	1	600	20	2.89	2.5	8	8.0	18	0	1.85	0.85	0.235	0.47	18.47
Fisioterapia 1	Sylvania	F40-T12/RS	3	1	2325	40	8.95	5.95	94	67.0	18	0	1.85	0.85	0.820	0.47	50.75
Fisioterapia 2	Sylvania	F40-T12/RS	3	1	2325	40	5.95	3.3	94	67.0	18	0	1.85	0.85	0.688	0.47	115.43

Esterilización Odontología	Sylvania	Espiral Compact T2	1	1	1425	25	1.82	2.8	94	58.0	42	0	1.85	0.85	0.425	0.53	62.39
Rayos X Odontología	Sylvania	Espiral Compact T3	1	1	1425	25	1.45	1.95	94	58.0	42	0	1.85	0.85	0.291	0.53	76.90
Odontología	Philips	F40-T12/DLX	3	2	2325	40	5.95	3.9	94	58.0	42	0	1.85	0.85	0.660	0.5	197.82
Citas	Sylvania	F40-T12/DSG	3	2	2200	40	7.65	3	94	73.0	18	0	1.85	0.85	0.751	0.47	204.18
Curaciones	Sylvania	F40-T12/DSG	2	2	2200	40	4.65	2.99	94	73.0	18	0	1.85	0.85	0.714	0.47	213.50
Procedimientos Menores	Philips	F40-T12/RS	2	2	2325	40	4.65	2.99	94	63.0	18	0	1.85	0.85	0.619	0.47	195.65
Consultorio 1	Sylvania	F40-T12/DSG	2	2	2200	40	4.65	2.9	94	73.0	18	0	1.85	0.85	0.697	0.47	214.88
Consultorio 2	Sylvania	F40-T12/DSG	2	2	2200	40	4.65	2.9	94	67.0	18	0	1.85	0.85	0.642	0.47	198.02
Consultorio 3	Sylvania	F40-T12/DSG	2	2	2200	40	4.65	3	94	63.0	18	0	1.85	0.85	0.619	0.47	184.51
Consultorio 4	Philips	F40-T12/RS	2	2	2325	40	4.65	4	94	58.0	18	0	1.85	0.85	0.569	0.47	134.38
Caja	Sylvania	F40-T12/CW	1	1	3200		1.82	2.8	94	70.0	18	0	1.85	0.85	0.504	0.47	149.64
Información	Sylvania	F40-T12/CW	1	1	3200	40	1.68	2.66	94	70.0	18	0	1.85	0.85	0.478	0.47	161.86
Vacunación	Sylvania	F40-T12/DSG	1	2	2200	40	1.95	3.25	94	52.7	18	0	1.85	0.85	0.391	0.47	128.24
Bodega 1	Sylvania	F40-T12/CW	4	1	3200	40	5.9	8.85	94	64.0	11	0	1.85	0.85	0.710	0.47	82.25
Escaleras Bodega	Sylvania	F40-T12/DSG	1	1	2200	40	2.9	3.6	31	63.0	7	0	1.85	0.85	0.421	0.47	41.94
Desechos	Sylvania	Espiral Compact T2	3	1	1425	25	5.95	1.45	94	56.3	18	0	1.85	0.85	0.399	0.53	103.79

Vigilancia	Sylvania	Espiral Compact T2	1	1	1425	25	1.1	1.62	67	63.7	18	0	1.15	0.85	0.446	0.53	187.28
Oficina 1	Sylvania	F40-T12/DSG	1	2	2200	40	2.95	2.99	94	62.0	18	0	1.85	0.85	0.545	0.47	128.44
Oficina 2	Sylvania	F40-T12/DLX	2	1	2325	40	2.9	2.9	94	63.0	18	0	1.85	0.85	0.533	0.47	139.25
Sala de Espera 2	Sylvania	Espiral Compact T2	4	1	1425	25	5.9	22.1	94	51.5	11	0	1.85	0.85	0.711	0.53	16.31
Sala de Espera 1	Sylvania	F40-T12/DSG	9	1	2200	40	11.7	21.65	94	30.2	18	0	1.85	0.85	0.748	0.47	27.61
Pasillo Atrás Consultorios	Sylvania	FC16-T19/DRS	5	1	2350	40	1.2	28.35	94	59.7	18	0	1.85	0.85	0.416	0.53	75.37
Dormitorio Voluntariado	Sylvania	Espiral Compact t2	1	1	1425	25	2.9	2.9	94	49.1	18	0	1.85	0.85	0.419	0.53	37.23
Baño Voluntariado	Sylvania	F40-T12/DSG	1	1	2200	40	2.9	1.9	94	54.7	18	0	1.85	0.85	0.412	0.47	77.64
Cuarto Atrás Voluntariado	Sylvania	Espiral Compact T2	1	1	1425	25	2.95	2.82	94	57.0	18	0.7	1.15	0.85	0.492	0.53	44.20
Baño al Lado de Rayos X	Sylvania	Espiral Compact T2	1	1	1425	25	1.55	1.35	94	56.9	42	0.7	1.15	0.85	0.342	0.53	122.42
Oftalmología	Sylvania	Espiral Compact T3	6	1	1425	25	7.8	2.8	94	64.5	18	0	1.85	0.85	0.623	0.53	128.07

Tabla 46. Los Autores. Iluminancia Promedio Método Cavidades Zonales Primer Piso

ILUMINANCIA PROMEDIO METODO DE LAS CAVIDADES ZONALES SEGUNDO PISO

ÁREA	LUMINARIAS						DIMENSIONES LOCAL		REFLECTANCIAS			h CAVIDADES			FU CORRE.	FM	Eprom
	MARCA	REFERENCIA	# LUM	# BOM	FLUJO	POT. W	(a)	(l)	% ρt	% ρw	% ρf	hct	hcl	hcf			
Bodega	Sylvania	F40-T12/DSG	2	1	2200	40	4.45	5.95	90	67.0	32	0	1.85	0.85	0.74	0.4725	57.8453139
Oficina Almacenista	Sylvania	F40-T12/CW	2	1	3200	40	3	3.63	31	58.0	32	0	1.85	0.85	0.60	0.4725	166.303894
Pasillo Ricardo	Sylvania	F40-T12/DSG	1	1	2200	40	7.86	2.35	90	58.8	32	0	1.85	0.85	0.59	0.4725	33.0078815
Cuarto Herramientas	Sylvania	F40-T12/DSG	1	1	2200	40	1.3	3.6	90	63.0	18	0	1.85	0.85	0.41	0.4725	90.788775
Bodega Socorro	Sylvania	F40-T12/DSG	8	1	2200	40	7.85	17.9	90	66.0	32	0	1.85	0.85	0.91	0.4725	54.1247281
Damas Grises	Sylvania	F40-T12/CW	2	1	3200	40	4.15	5.98	90	64.3	18	0	1.85	0.85	0.71	0.4725	86.0494145
Baño Damas Grises	Sylvania	Mini Espiral Compact	1	1	450	9	0.88	2.2	90	60.2	18	0.7	1.15	0.85	0.31	0.525	37.9972004
Gestión Humanitaria	Sylvania	F40-T12/CW	4	1	3200	40	4.15	5.9	90	63.5	18	0	1.85	0.85	0.70	0.4725	172.706278
Sala Voluntariado	Philips	F40-T12/RS	4	1	2325	40	4.15	5.9	90	57.6	18	0	1.85	0.85	0.60	0.4725	106.958755
Salón 1	Sylvania	F40-T12/DSG	2	2	2200	40	4.25	5.9	90	71.0	18	0	1.85	0.85	0.74	0.4725	122.20789
Salón 2	Sylvania	F40-T12/DSG	4	1	2200	40	6	5.8	90	61.0	18	0	1.85	0.85	0.73	0.4725	87.5247052
Cafetería	Sylvania	F40-T12/DSG	3	1	2200	40	4.25	6	90	69.0	18	0	1.85	0.85	0.74	0.4725	91.0433234

Baño Cafetería	Sylvania	Mini Espiral Compact	1	1	450	9	1.4	1.26	90	59.0	42	0.7	1.15	0.85	0.35	0.525	46.8984375
Pasillo acceso salón 2	Sylvania	F40-T12/CW	2	1	3200	40	1.64	12	90	62.7	18	0	1.85	0.85	0.53	0.4725	81.8237854
Pasillo Principal	Sylvania	F40-T12/DSG	8	1	2200	40	1.85	48.8	90	54.4	18	0.6	1.85	0.85	0.49	0.4725	44.7695287
Salón Carmen Sofía	Sylvania	F40-T12/CW	8	1	3200	40	11.95	6	90	64.7	18	0	1.85	0.85	0.83	0.4725	140.84822
Capacitación Externa	Sylvania	F40-T12/CW	2	1	3200	40	4.1	4.3	90	63.9	18	0	1.85	0.85	0.66	0.4725	112.9964
Presidencia	Philips	F40-T12/RS	2	2	2325	40	4.1	4.3	90	63.9	18	0	1.85	0.85	0.66	0.4725	164.197893
Telemática	Sylvania	F40-T12/DSG	1	2	2200	40	4	2.9	90	55.5	18	0	1.85	0.85	0.49	0.4725	88.2521162
Baño Hombres	Sylvania	Mini Espiral Compact	1	1	450	9	2.8	1.7	90	58.1	42	0.7	1.15	0.85	0.47	0.525	23.4575404
Baño Mujeres	Sylvania	Mini Espiral Compact	1	1	450	9	2.8	1.1	90	58.1	42	0.7	1.15	0.85	0.39	0.525	29.7504716
Presidencia	Sylvania	F40-T12/DSG	4	2	2200	40	5.95	6.05	90	58.0	18	0	1.85	0.85	0.64	0.4725	148.850105
Baño de presidencia	Sylvania	Mini Espiral Compact	1	1	450	9	1.09	2.9	90	58.2	42	0.7	1.15	0.85	0.39	0.525	29.0927562
Secretaría	Sylvania	F40-T12/DSG	2	2	2200	40	5.9	2.89	90	62.0	18	0	1.85	0.85	0.62	0.4725	151.588131
Contador	Philips	F40-T12/DLX	2	2	2325	40	5.9	3	90	56.2	18	0	1.85	0.85	0.54	0.4725	134.385599
Contabilidad	Philips	F40-T12/RS	2	2	2325	40	5.9	5	90	59.7	18	0	1.85	0.85	0.62	0.4725	91.6804403

Tabla 47. Los Autores. Iluminancia Promedio Método Cavidades Zonales Segundo Piso

5.3 MEDICIÓN DE AISLAMIENTOS

La medición de aislamiento de los conductores, se realizó a través del Megohmetro KYORITSU 3125. Para una correcta medición de aislamiento se debe garantizar la suspensión total de la energía, aspecto que no fue posible en algunos circuitos de la instalación eléctrica de la cruz roja debido a la restricción en la manipulación de ciertas cargas, por lo tanto se procedió a tomar la medida del nivel de aislamiento en aquellos circuitos en los cuales se des-energizó completamente la carga. La medición se realizó inyectando una tensión de 500 V, obteniendo los siguientes resultados.

NIVEL DE AISLAMIENTO EN LOS CONDUCTORES DE LOS CIRCUITOS RAMALES	
CIRCUITO	NIVEL DE AISLAMIENTO MΩ
A1	250
A2	370
Y10	147
Y12	286
Y13	50.9
Z1	302
Z3	74.6
Z4	119
Z20	230
Z21	167
Z19	209
C15	270
C16	282
H1	600
H2	641
H15	206
H16	203

Tabla 48. Los Autores. Niveles de aislamiento en los conductores

Una de las causas de fallas en los equipos es debida al deterioro en los aislamientos, esto puede darse por envejecimiento, humedad, polvo, falta de mantenimiento y condiciones ambientales. Se considera que un buen nivel de aislamiento debe ser mayor a 250 k Ω para que se produzca una corriente de fuga menor o igual a 1 mA, de tal forma que se asegure un flujo de corriente a lo largo del conductor y no por su periferia.

Teniendo en cuenta estas consideraciones, se observa que los niveles de aislamientos de los circuitos ramales estudiados, se encuentra dentro de los límites permisibles, ya que el aislamiento en todas las mediciones está por el orden de los Megaohm M Ω .

5.4 CUADROS DE REGULACIÓN ELÉCTRICA

Los cuadros de regulación fueron obtenidos para cada uno de los circuitos ramales, recorriendo tramo a tramo la trayectoria más larga del circuito en estudio, la demanda, el factor de corrección (F_c) el cual depende del tipo de red y la constante de regulación (K_G) a un factor de potencia de 0.95 para conductores de cobre aislado en ducto no metálico.

A continuación se describen los cuadros de regulación de cada tablero de distribución de las redes eléctricas actuales.

CUADRO DE REGULACIÓN TABLERO DE DISTRIBUCIÓN TA

CIRCUITO	FC	DEMANDA VA	MOMENTO kVA.m	CALIBRE AWG	KG 0.95	REGULACIÓN CIRCUITO %	REGULACIÓN ACUMULADA DESDE TGBT %	OBSERVACIONES
A1	6	100	2,48486	12	559,367	0,1928	0,2460	
A2	6	230	2,653026	12	559,367	0,2058	0,2590	
A3	6	300	3,60531	12	559,367	0,2797	0,3329	
A4	6	820	20,16133	12	559,367	1,5640	1,6172	
A5	6	240	7,09176	12	559,367	0,5501	0,6034	
A6	6	1420	32,98138	12	559,367	2,5585	2,6117	
A7	6	100	1,18983	12	559,367	0,0923	0,1455	
A8	6	0	0	12	559,367	0,0000	0,0532	Sin Uso
A9	6	0	0	12	559,367	0,0000	0,0532	Sin Uso
A10	6	0	0	12	559,367	0,0000	0,0532	Sin Uso
A11	6	0	0	12	559,367	0,0000	0,0532	Sin Uso
A12	6	0	0	12	559,367	0,0000	0,0532	Sin Uso

Tabla 49. Los Autores. Cuadro de Regulación Tablero de Distribución TA

CUADRO DE REGULACIÓN TABLERO DE DISTRIBUCIÓN TB								
CIRCUITO	FC	DEMANDA VA	MOMENTO kVA.m	CALIBRE AWG	KG 0.95	REGULACIÓN CIRCUITO %	REGULACIÓN ACUMULADA DESDE TGBT %	OBSERVACIONES
B1-B2	2,25	3000	68,55	12	559,367	1,9942	3,4580	
B3	6	440	9,1459	12	559,367	0,7095	2,1734	
B4	6	-	-	-	-	-	-	Sin Uso
B5	6	150	1,11133	12	559,367	0,0862	1,5501	
B6	6	400	7,960232	12	559,367	0,6175	2,0814	
B7	6	1500	46,19385	12	559,367	3,5835	5,0474	Luminaria Exterior
B8	6	1500	70,61655	12	559,367	5,4781	6,9419	Luminaria Exterior
B9	6	-	-	-	-	-	-	
B10	6	990	27,8478435	12	559,367	2,1603	3,6242	
B11	6	1025	21,0560115	12	559,367	1,6334	3,0973	
B12	6	1000	28,1286	12	559,367	2,1821	3,6459	
B13	6	240	10,4529	12	559,367	0,8109	2,2747	
B14	6	380	3,00825	12	559,367	0,2334	1,6972	
B15	6	-	-	-	-	-	-	Sin Conexión
B16	6	100	2,97112	12	559,367	0,2305	1,6944	
B17	6	-	-	-	-	-	-	Sin Conexión
B18	6	100	3,57174	12	559,367	0,2771	1,7409	

Tabla 50. Los Autores. Cuadro de Regulación Tablero de Distribución TB

CUADRO DE REGULACIÓN TABLERO DE DISTRIBUCIÓN TC								
CIRCUITO	FC	DEMANDA VA	MOMENTO kVA.m	CALIBRE AWG	KG 0.95	REGULACIÓN CIRCUITO %	REGULACIÓN ACUMULADA DESDE TGBT %	OBSERVACIONES
C1	6	1025	29,466265	12	559,367	2,2858	2,5351	
C2	6	560	8,791828	12	559,367	0,6820	0,9313	
C3	6	820	19,106126	12	559,367	1,4822	1,7314	
C4	6	1560	46,715916	12	559,367	3,6240	3,8732	Revelador rayos x
C5	6	205	2,151705	12	559,367	0,1669	0,4161	
C6	6	940	15,254986	12	559,367	1,1834	1,4326	
C7	-	-	-	-	-	-	-	Desconocido
C8	6	920	21,21226	12	559,367	1,6455	1,8948	
C9	6	400	8,216305	12	559,367	0,6374	0,8866	
C10	6	300	6,33564	12	559,367	0,4915	0,7407	
C11	6	40	0,160488	12	559,367	0,0124	0,2617	
C12	6	771	0,5715412	12	559,367	0,0443	0,2936	
C13-C14	2,25	3000	101,7438	12	559,367	2,9598	3,2090	
C15-C16	2,25	3000	53,6616	12	559,367	1,5610	1,8103	Aire Acondicionado
C17	-	-	-	-	-	-	-	Desconocido
C18	6	150	3,47036375	12	559,367	0,2692	0,5184	
C19	6	420	7,582907333	12	559,367	0,5882	0,8375	
C20	-	-	-	-	-	-	-	Desconocido
C21	6	150	1,75734475	12	559,367	0,1363	0,3856	
C22-C23	2,25	3000	110,7801	12	559,367	3,2227	3,4719	
C24	-	-	-	-	-	-	-	Desconocido

Tabla 51. Los Autores. Cuadro de Regulación Tablero de Distribución TC

CUADRO DE REGULACIÓN TABLERO DE DISTRIBUCIÓN TD								
CIRCUITO	FC	DEMANDA VA	MOMENTO kVA.m	CALIBRE AWG	KG 0.95	REGULACIÓN CIRCUITO %	REGULACIÓN ACUMULADA DESDE TGBT %	OBSERVACIONES
D1	-	-	-	-	-	-	-	Sin Conexión
D2	6	1500	82,4304	12	559,367	6,3945	6,8812	Luminaria Exterior
D3	6	1500	58,0107	12	559,367	4,5002	4,9868	Luminaria Exterior
D4	6	640	12,115076	12	559,367	0,9398	1,4265	

Tabla 52. Los Autores. Cuadro de Regulación Tablero de Distribución TD

CUADRO DE REGULACIÓN TABLERO DE DISTRIBUCIÓN TE								
CIRCUITO	FC	DEMANDA VA	MOMENTO kVA.m	CALIBRE AWG	KG 0.95	REGULACIÓN CIRCUITO %	REGULACIÓN ACUMULADA DESDE TGBT %	OBSERVACIONES
E1	-	-	-	-	-	-	-	Sin Uso
E2	6	100	0,678254	12	559,367	0,0526	0,7672	
E3	6	100	1,068214	12	559,367	0,0829	0,7974	
E4	-	-	-	-	-	-	-	Sin Conexión
E5	6	690	4,1566135	12	559,367	0,3224	1,0370	
E6	6	0	0	12	559,367	0,0000	0,7146	Sin Uso

Tabla 53. Los Autores. Cuadro de Regulación Tablero de Distribución TE

CUADRO DE REGULACIÓN TABLERO DE DISTRIBUCIÓN TF								
CIRCUITO	FC	DEMANDA VA	MOMENTO kVA.m	CALIBRE AWG	KG 0.95	REGULACIÓN CIRCUITO %	REGULACIÓN ACUMULADA DESDE TGBT %	OBSERVACIONES
F1	6	300	3,40111	12	559,367	0,2638	1,1039	
F2	6	600	11,03316	12	559,367	0,8559	1,6960	
F3	6	425	5,34824675	12	559,367	0,4149	1,2550	
F4	6	-	-	12	-		-	Sin Uso

Tabla 54. Los Autores. Cuadro de Regulación Tablero de Distribución TF

CUADRO DE REGULACIÓN TABLERO DE DISTRIBUCIÓN TG								
CIRCUITO	FC	DEMANDA VA	MOMENTO kVA.m	CALIBRE AWG	KG 0.95	REGULACIÓN CIRCUITO %	REGULACIÓN ACUMULADA DESDE TGBT %	OBSERVACIONES
G1	6	5100	44,88606	12	559,367	3,4820	5,9646	
G2	6	200	1,04616	12	559,367	0,0812	2,5637	Silla Odontológica
G3	6	200	0,1824	12	559,367	0,0141	2,4967	
G4	6	200	1,45754	12	559,367	0,1131	2,5956	Silla Odontológica
G5	6	200	2,49165	12	559,367	0,1933	2,6759	
G6	6	200	3,16074	12	559,367	0,2452	2,7278	

Tabla 55. Los Autores. Cuadro de Regulación Tablero de Distribución TG

CUADRO DE REGULACIÓN TABLERO DE DISTRIBUCIÓN TH								
CIRCUITO	FC	DEMANDA VA	MOMENTO kVA.m	CALIBRE AWG	KG 0.95	REGULACIÓN CIRCUITO %	REGULACIÓN ACUMULADA DESDE TGBT %	OBSERVACIONES
H1-H2	2,25	3000	98,6649	12	559,367	2,8702	3,9346	
H3-H4	2,25	3000	24,663	12	559,367	0,7175	1,7818	
H5-H6	2,25	3000	24,9888	12	559,367	0,7269	1,7913	
H7-H8	2,25	3000	31,248	12	559,367	0,9090	1,9734	
H9-H10	2,25	3000	31,548	12	559,367	0,9178	1,9821	
H11	6	100	0,92114	12	559,367	0,0715	1,1358	
H12	6	1584	14,3258168	12	559,367	1,1113	2,1757	
H13	6	100	0,96375	12	559,367	0,0748	1,1391	
H14	6	1200	12,15073	12	559,367	0,9426	2,0069	
H15-H16	2,25	3000	14,0835	12	559,367	0,4097	1,4740	
H17-H18	2,25	3000	16,1436	12	559,367	0,4696	1,5340	
H19-H20	2,25	3000	43,5366	12	559,367	1,2665	2,3309	
H21	-	-	-	-	-	-	-	Breaker Sin Cablear
H22-H23	2,25	2500	32,364	12	559,367	0,9415	2,0058	
H24	6	200	4,27558	12	559,367	0,3317	1,3960	
H25-H26	2,25	1600	20,32772	12	559,367	0,5913	1,6557	
H27	-	-	-	-	-	-	-	Breaker Sin Cablear
H28	6	1160	20,140664	12	559,367	1,5624	2,6268	
H29	6	1700	23,30287	12	559,367	1,8077	2,8721	

H30	6	100	0,88618	12	559,367	0,0687	1,1331	
H31	-	-	-	-	-	-	-	Breaker Sin Cablear
H32	-	-	-	-	-	-	-	Breaker Sin Cablear
H33	-	-	-	-	-	-	-	Breaker Sin Cablear
H34	-	-	-	-	-	-	-	Breaker Sin Cablear
H35	6	100	1,5115	12	559,367	0,117254515	1,154908008	
H36	6	100	0,60119	12	559,367	0,046637275	1,084290768	
H37	6	420	5,204272	12	559,367	0,403721064	1,441374557	
H38	6	555	5,62473825	12	559,367	0,436338706	1,473992199	
H39	6	1900	36,4218	12	559,367	2,825418778	3,863072271	
H40	6	200	4,29184	12	559,367	0,33293921	1,370592703	

Tabla 56. Los Autores. Cuadro de Regulación Tablero de Distribución TH

CUADRO DE REGULACIÓN TABLERO DE DISTRIBUCIÓN TI								
CIRCUITO	FC	DEMANDA VA	MOMENTO kVA.m	CALIBRE AWG	KG 0.95	REGULACIÓN CIRCUITO %	REGULACIÓN ACUMULADA DESDE TGBT %	OBSERVACIONES
I1-I2-I3	1	20000	75,622	6	138,855	0,2427	2,4880	Equipo Rayos X

Tabla 57. Los Autores. Cuadro de Regulación Tablero de Distribución TI

CUADRO DE REGULACIÓN TABLERO DE DISTRIBUCIÓN TJ								
CIRCUITO	FC	DEMANDA VA	MOMENTO kVA.m	CALIBRE AWG	KG 0.95	REGULACIÓN CIRCUITO %	REGULACIÓN ACUMULADA DESDE TGBT %	OBSERVACIONES
J1-J2-J3	1	6000	6	6	138,855	0,0201	0,8084	

Tabla 58. Los Autores. Cuadro de Regulación Tablero de Distribución TJ

CUADRO DE REGULACIÓN TABLERO DE DISTRIBUCIÓN TW								
CIRCUITO	FC	DEMANDA VA	MOMENTO kVA.m	CALIBRE AWG	KG 0.95	REGULACIÓN CIRCUITO %	REGULACIÓN ACUMULADA DESDE TGBT %	OBSERVACIONES
W1-W2	2,25	2500	9,349	12	559,367	0,2720	0,7900	Aire Acondicionado
W2-W3	2,25	2500	21,00525	12	559,367	0,6111	1,1291	Aire Acondicionado

Tabla 59. Los Autores. Cuadro de Regulación Tablero de Distribución TW

CUADRO DE REGULACIÓN TABLERO DE DISTRIBUCIÓN TX								
CIRCUITO	FC	DEMANDA VA	MOMENTO kVA.m	CALIBRE AWG	KG 0.95	REGULACIÓN CIRCUITO %	REGULACIÓN ACUMULADA DESDE TGBT %	OBSERVACIONES
X1	6	1500	3,0801	12	559,367	0,2389	7,6654	Toma asociado a la UPS
X2	6	200	1,0752	12	559,367	0,0834	7,5099	
X3	-	-	-	-	-	-		Sin Uso
X4	6	500	12,7295	12	559,367	0,9875	8,4140	
X5	6	1000	18,05881	12	559,367	1,4009	8,8274	
X6	6	700	4,58775	12	559,367	0,3559	7,7824	
X7	6	200	2,99133	12	559,367	0,2321	7,6586	
X8	6	800	33,91559	12	559,367	2,6310	10,0575	

Tabla 60. Los Autores. Cuadro de Regulación Tablero de Distribución TX

CUADRO DE REGULACIÓN TABLERO DE DISTRIBUCIÓN TY								
CIRCUITO	FC	DEMANDA VA	MOMENTO kVA.m	CALIBRE AWG	KG 0.95	REGULACIÓN CIRCUITO %	REGULACIÓN ACUMULADA DESDE TGBT %	OBSERVACIONES
Y1	6	200	0,68428	12	559,367	0,0531	0,8800	
Y2	6	100	0,15258	12	559,367	0,0118	0,8387	
Y3	-	-	-	-	-	-	-	Sin conexión
Y4	-	-	-	-	-	-	-	Sin conexión
Y5	-	-	-	-	-	-	-	Sin conexión
Y6	-	-	-	-	-	-	-	Sin conexión
Y7	-	-	-	-	-	-	-	Sin conexión
Y8	-	-	-	-	-	-	-	Sin conexión
Y9	6	400	4,83036	12	559,367	0,3747	1,2016	
Y10	6	100	1,25515	12	559,367	0,0974	0,9242	
Y11	6	100	1,16502	12	559,367	0,0904	0,9173	
Y12-Y13	2,25	1300	9,12392	12	559,367	0,2654	1,0923	Bifásico
Y14	6	640	30,14132	12	559,367	2,3382	3,1651	
Y15	6	800	21,38275	12	559,367	1,6588	2,4856	
Y16	6	300	8,36687	12	559,367	0,6491	1,4759	
Y17	6	2160	66,695771	12	559,367	5,1739	6,0008	
Y18	6	4900	134,66278	10	353,67	6,6050	7,4318	A Tablero TX

Tabla 61. Los Autores. Cuadro de Regulación Tablero de Distribución TY

CUADRO DE REGULACIÓN TABLERO DE DISTRIBUCIÓN TZ								
CIRCUITO	FC	DEMANDA VA	MOMENTO kVA.m	CALIBRE AWG	KG 0.95	REGULACIÓN CIRCUITO %	REGULACIÓN ACUMULADA DESDE TGBT %	OBSERVACIONES
Z1	6	100	5,920855	12	559,367	0,4593	1,7756	
Z2	6	290	12,802083	12	559,367	0,9931	2,3094	
Z3	6	900	45,65447	12	559,367	3,5416	4,8579	
Z4	6	100	5,99364	12	559,367	0,4650	1,7812	
Z5	6	320	13,246436	12	559,367	1,0276	2,3439	
Z6	6	1100	45,55797	12	559,367	3,5342	4,8504	
Z7	6	100	0,98339	12	559,367	0,0763	1,3926	
Z8	6	508	10,5183216	12	559,367	0,8160	2,1322	
Z9	6	1220	14,78469	12	559,367	1,1469	2,4632	
Z10								Desconocido
Z11								Desconocido
Z12								Sin uso
Z13-Z14	2,25	2500	55,7285	12	559,367	1,6212	2,9374	Toma Bifásico
Z15-Z16	2,25	2700	100,36027	12	559,367	7,6898	9,0061	Toma Bifásico
Z17								Desconocido
Z18	6	420	12,090262	12	559,367	0,9379	2,2542	
Z19	6	495	7,6756795	12	559,367	0,5954	1,9117	
Z20-Z21	2,25	3000	32,8095	12	559,367	0,9544	2,2707	Toma Bifásico
Z22	6	1190	52,7924435	12	559,367	4,0954	5,4116	
Z23	6	1435	29,392462	12	559,367	2,2801	3,5964	
Z24	6	1820	114,577474	12	559,367	8,8883	10,2046	

Tabla 62. Los Autores. Cuadro de Regulación Tablero de Distribución TZ

5.5 CUADROS DE CARGA

En esta sección se presentan los cuadros de carga de cada uno de los tableros de distribución, en los cuales se muestran las cargas asociadas a los circuitos ramales, la forma como están distribuidas en cada una de las fases de la acometida, calibre del conductor, protección y corriente.

CUADRO DE CARGA TABLERO TA PRIMER PISO												
CIRCUITO	LUCES		TOMAS		FASES			CARGA VA	CORRIENTE A	CALIBRE AWG	PROTECCIÓN A	OBSERVACIONES
	Com	Esp	Com	Esp	A	B	C					
A1			1		100			100	0,833	12 AWG	20	
A2	3		1			230		230	1,917	12 AWG	20	
A3			3				300	300	2,5	12 AWG	20	
A4	4		5		820			820	6,833	12 AWG	20	
A5	3					240		240	2	12 AWG	20	
A6	4		11				1420	1420	11,833	12 AWG	30	
A7			1		100			100	0,833	12 AWG	20	
A8											---	Sin Uso
A9											---	Sin Uso
A10											---	Sin Uso
A11											---	Sin Uso
A12											---	Sin Uso
ACOMETIDA	14		22		1020	470	1720	3210	8,910	6 AWG	3*100	

Tabla 63. Los Autores. Cuadro de Carga Tablero de Distribución TA

CUADRO DE CARGA TABLERO TB PRIMER PISO

CIRCUITO	LUCES		TOMAS		FASES			CARGA	CORRIENTE	CALIBRE	PROTECCIÓN	OBSERVACIONES
	Com	Esp	Com	Esp	A	B	C	VA	A	AWG	A	
B1-B2				1	1500	1500		3000	14,423	12 AWG	20-20	
B3	2		4				440	440	3,667	12 AWG	15	
B4										12 AWG	15	Sin Uso
B5	2		1			150		150	1,250	12 AWG	15	
B6	4						400	400	3,333	12 AWG	15	
B7		1			1500			1500	12,500	14 AWG	20	Luminaria Exterior de Sodio
B8		1				1500		1500	12,500	12 AWG	20	Luminaria Exterior de Sodio
B9											15	Sin conexión
B10	7		5		990			990	8,250	12 AWG	15	
B11	6		8			1025		1025	8,5417	12 AWG	15	
B12			3				1000	1000	8,3333	12 AWG	15	
B13	6				240			240	2	12 AWG	15	
B14	6		2			380		380	3,167	12 AWG	15	
B15											20	Sin conexión
B16			1		100			100	0,833	12 AWG	20	
B17										12 AWG	20	Sin conexión
B18			1				100	100	0,833	12 AWG	20	
ACOMETIDA	33	2	25	1	4330	4555	1940	10825	30,047	6 AWG	3*125	

Tabla 64. Los Autores. Cuadro de Carga Tablero de Distribución TB

CUADRO DE CARGA TABLERO TC PRIMER PISO												
CIRCUITO	LUCES		TOMAS		FASES			CARGA VA	CORRIENTE A	CALIBRE AWG	PROTECCIÓN A	OBSERVACIONES
	Com	Esp	Com	Esp	A	B	C					
C1	1	1	6		1025			1025	8,542	12 AWG	15	
C2	7					560		560	4,667	12 AWG	15	
C3	4		5				820	820	6,833	12 AWG	15	
C4				1	1560			1560	13	12 AWG	15	Toma especial asociado a un equipo procesador de películas de rayos X
C5	3		1			205		205	1,708	12 AWG	15	
C6	5		7				940	940	7,833	12 AWG	15	
C7										12 AWG	20	Desconocido
C8	2		8			920		920	7,667	12 AWG	20	
C9			4				400	400	3,333	12 AWG	15	
C10			3		300			300	2,5	12 AWG	20	
C11	1					40		40	0,333	12 AWG	20	
C12	1			2			771	771	6,425	12 AWG	20	
C13-C14				1	1500	1500		3000	25	12 AWG	20-20	
C15-C16				1	1500		1500	3000	14,423	12 AWG	20-30	Aire Acondicionado
C17										12 AWG	15	Desconocido
C18	2		1				150	150	1,25	12 AWG	15	
C19	4		1		420			420	3,500	12 AWG	15	
C20										12 AWG	15	Desconocido
C21	2		1				150	150	1,250	12 AWG	15	
C22-C23				1	1500	1500		3000	14,423	12 AWG	30 -30	Aire Acondicionado
C24										12 AWG	15	Desconocido
ACOMETIDA	32		37	6	7805	4725	4731	17261	47,912	6 AWG	3*100	

Tabla 65. Los Autores. Cuadro de Carga Tablero de Distribución TC

CUADRO DE CARGA TABLERO TD PRIMER PISO												
CIRCUITO	LUCES		TOMAS		FASES			CARGA VA	CORRIENTE A	CALIBRE AWG	PROTECCIÓN A	OBSERVACIONES
	Com	Esp	Com	Esp	A	B	C					
D1										12 AWG	20	Sin conexión
D2		1				1500		1500	12,50	12 AWG	20	Luminaria exterior de Sodio
D3		1					1500	1500	12,50	12 AWG	20	Luminaria exterior de Sodio
D4	6		2		640			640	5,33	12 AWG	20	

D5											30	Sin conexión
D6											30	Sin conexión
D7											---	Sin Uso
D8											---	Sin Uso
D9											---	Sin Uso
D10											---	Sin Uso
D11											---	Sin Uso
D12											---	Sin Uso
ACOMETIDA	6	2	2	0	640	1500	1500	3640	10,104	6 AWG	3*125	

Tabla 66. Los Autores. Cuadro de Carga Tablero de Distribución TD

CUADRO DE CARGA TABLERO TE PRIMER PISO												
CIRCUITO	LUCES		TOMAS		FASES			CARGA VA	CORRIENTE A	CALIBRE AWG	PROTECCIÓN A	OBSERVACIONES
	Com	Esp	Com	Esp	A	B	C					
E1												Sin Uso
E2			1		100			100	0,833	12 AWG	20	
E3			1		100			100	0,833	12 AWG	15	
E4											15	Sin conexión
E5	3	1	5			690		690	5,750	12 AWG	15	
E6												Sin Uso
ACOMETIDA	3	1	7		200	690		890	4,279	12 AWG	3*50	

Tabla 67. Los Autores. Cuadro de Carga Tablero de Distribución TE

CUADRO DE CARGA TABLERO TF PRIMER PISO												
CIRCUITO	LUCES		TOMAS		FASES			CARGA VA	CORRIENTE A	CALIBRE AWG	PROTECCIÓN A	OBSERVACIONES
	Com	Esp	Com	Esp	A	B	C					
F1			3			300		300	2,5	12 AWG	20	
F2			6			600		600	5	12 AWG	20	
F3	4		2				425	425	3,542	12 AWG	20	
F4											20	Sin Uso
ACOMETIDA	4		11			900	425	1325	3,678	1/0 AWG	3*100	

Tabla 68. Los Autores. Cuadro de Carga Tablero de Distribución TF

CUADRO DE CARGA TABLERO TG PRIMER PISO												
CIRCUITO	LUCES		TOMAS		FASES			CARGA VA	CORRIENTE A	CALIBRE AWG	PROTECCIÓN A	OBSERVACIONES
	Com	Esp	Com	Esp	A	B	C					
G1			3	3		5100		5100	42,500	12 AWG	20	Tomas especiales asociados a máquina de rayos X y el autoclave de esterilización, cada uno de 1500 W
G2				1		200		200	0,962	12 AWG	20	Toma especial asociado a la silla odontológica 1
G3			1			200		200	1,667	12 AWG	20	
G4				1			200	200	0,962	12 AWG	20	Toma especial asociado a la silla odontológica 2
G5			2				200	200	1,667	12 AWG	20	
G6			2				200	200	1,667	12 AWG	20	
ACOMETIDA			8	5		5500	600	6100	29,327	8 AWG	3*100	

Tabla 69. Los Autores. Cuadro de Carga Tablero de Distribución TG

CUADRO DE CARGA TABLERO TH PRIMER PISO												
CIRCUITO	LUCES		TOMAS		FASES			CARGA VA	CORRIENTE A	CALIBRE AWG	PROTECCIÓN A	OBSERVACIONES
	Com	Esp	Com	Esp	A	B	C					
H1-H2				1	1500	1500		3000	14,423	12 AWG	20-20	
H3-H4				1	1500		1500	3000	14,423	12 AWG	20-20	
H5-H6				1		1500	1500	3000	14,423	12 AWG	20-20	
H7-H8				1	1500	1500		3000	14,423	12 AWG	20-20	
H9-H10				1	1500		1500	3000	14,423	12 AWG	20-20	
H11			1			100		100	0,8333	12 AWG	15	
H12	6		3	1			1584	1584	13,2000	12 AWG	15	
H13			1		100			100	0,833	12 AWG	20	
H14			2	1		1200		1200	10,000	12 AWG	20	El toma especial está asociado a un horo de 2700 W
H15-H16				1	1500		1500	3000	14,423	12 AWG	15-15	
H17-H18				1		1500	1500	3000	14,423	12 AWG	20-20	
H19-H20				1	1500	1500		3000	14,423	12 AWG	20-20	
H21										12 AWG	20	Breaker Sin Cablear

H22-H23				1	1250	1250		2500	12,019	12 AWG	20-20	Aire Acondicionado con Breaker Bipolar de 2*30 A
H24			2				200	200	1,667	12 AWG	20	
H25-H26			1	1	800	800		1600	7,692	12 AWG	20-20	
H27										12 AWG	20	Breaker Sin Cablear
H28	6		8		1160			1160	9,667	12 AWG	20	
H29			2	1		1700		1700	14,167	12 AWG	20	Toma especial asociado a un honro de 2700 W
H30			1				100	100	0,833	12 AWG	20	
H31										12 AWG	20	Breaker Sin Cablear
H32										12 AWG	20	Breaker Sin Cablear
H33										12 AWG	20	Breaker Sin Cablear
H34										12 AWG	20	Breaker Sin Cablear
H35			1			100		100	0,833	12 AWG	20	
H36			1				100	100	0,833	12 AWG	20	
H37	8		1		420			420	3,500	12 AWG	15	
H38	9					555		555	4,625	12 AWG	15	
H39			9	1			1900	1900	15,8333	12 AWG	15	Toma especial asociado a una máquina de centrifugado de 1050 W
H40			2		200			200	1,667	12 AWG	15	
ACOMETIDA	29		35	14	12930	13205	11384	37519	104,142	2 AWG	3*50	

Tabla 70. Los Autores. Cuadro de Carga Tablero de Distribución TH

CUADRO DE CARGA TABLERO TI PRIMER PISO												
CIRCUITO	LUCES		TOMAS		FASES			CARGA VA	CORRIENTE A	CALIBRE AWG	PROTECCIÓN A	OBSERVACIONES
	Com	Esp	Com	Esp	A	B	C					
I1-I2-I3				1	6666,67	6666,67	6666,67	20000	55,56	6 AWG	3 *60	Equipo Rayos X
ACOMETIDA				1	6666,67	6666,67	6666,67	20000	55,514	1/0 AWG	3 *60	

Tabla 71. Los Autores. Cuadro de Carga Tablero de Distribución TI

CUADRO DE CARGA TABLERO TJ PRIMER PISO												
CIRCUITO	LUCES		TOMAS		FASES			CARGA VA	CORRIENTE A	CALIBRE AWG	PROTECCIÓN A	OBSERVACIONES
	Com	Esp	Com	Esp	A	B	C					
J1-J2-J3				1	2000	2000	2000	6000	16,667	10 AWG	3*40	Cuarto Autoclave
ACOMETIDA				1	2000	2000	2000	6000	16,654	1/0 AWG	3*40	

Tabla 72. Los Autores. Cuadro de Carga Tablero de Distribución TJ

CUADRO DE CARGA TW SEGUNDO PISO												
CIRCUITO	LUCES		TOMAS		FASES			CARGA VA	CORRIENTE A	CALIBRE AWG	PROTECCIÓN A	OBSERVACIONES
	Com	Esp	Com	Esp	A	B	C					
W1-W2-W3				2	1666,667	1666,667	1666,667	5000	13,889	12 AWG	3*40	Aire Acondicionado
ACOMETIDA				2	1666,667	1666,667	1666,667	5000	13,879	6 AWG	3*40	

Tabla 73. Los Autores. Cuadro de Carga Tablero de Distribución TW

CUADRO DE CARGA TABLERO TX SEGUNDO PISO												
CIRCUITO	LUCES		TOMAS		FASES			CARGA VA	CORRIENTE A	CALIBRE AWG	PROTECCIÓN A	OBSERVACIONES
	Com	Esp	Com	Esp	A	B	C					
X1				1			1500	1500	12,5	12 AWG	20	Toma especial asociado a la UPS
X2				2			200	200	1,667	12 AWG	20	
X3												Sin Uso
X4				5			500	500	4,167	12 AWG	20	
X5				10			1000	1000	8,333	12 AWG	20	
X6				7			700	700	5,833	12 AWG	20	
X7				2			200	200	1,667	12 AWG	20	
X8				8			800	800	6,667	12 AWG	20	
ACOMETIDA				34	1		4900	4900	40,833	10 AWG	1*20	

Tabla 74. Los Autores. Cuadro de Carga Tablero de Distribución TX

CUADRO DE CARGA TABLERO TY SEGUNDO PISO												
CIRCUITO	LUCES		TOMAS		FASES			CARGA VA	CORRIENTE A	CALIBRE AWG	PROTECCIÓN A	OBSERVACIONES
	Com	Esp	Com	Esp	A	B	C					
Y1				2	200			200	1,6667	12 AWG	20	
Y2				1		100		100	0,8333	12 AWG	20	
Y3											20	Sin conexión
Y4											20	Sin conexión
Y5											20	Sin conexión
Y6											20	Sin conexión

Y7											20	Sin conexión
Y8											20	Sin conexión
Y9			4				400	400	3,3333	12 AWG	20	
Y10			1		100			100	0,8333	12 AWG	20	
Y11			1			100		100	0,8333	12 AWG	20	
Y12-Y13				1	650		650	1300	6,2500	12 AWG	20	
Y14	1		6			640		640	5,3333	12 AWG	20	
Y15			8				800	800	6,6667	12 AWG	20	
Y16			3		300			300	2,5000	12 AWG	20	
Y17	8		8	1		2160		2160	18,0000	12 AWG	20	
Y18			31	1			4900	4900	40,8333	10 AWG	20	Acciona el Tablero TX de Contabilidad
ACOMETIDA	9		65	3	1250	3000	6750	11000	30,5329	8 AWG	3*125 A	

Tabla 75. Los Autores. Cuadro de Carga Tablero de Distribución TY

CUADRO DE CARGA TABLERO TZ SEGUNDO PISO												
CIRCUITO	LUCES		TOMAS		FASES			CARGA VA	CORRIENTE A	CALIBRE AWG	PROTECCIÓN A	OBSERVACIONES
	Com	Esp	Com	Esp	A	B	C					
Z1			1		100			100	0,833	12 AWG	20	
Z2	8					290		290	2,417	12 AWG	15	
Z3			1	1			900	900	7,500	12 AWG	20	
Z4			1		100			100	0,833	12 AWG	20	
Z5	8					320		320	2,667	12 AWG	20	
Z6			11				1100	1100	9,167	12 AWG	15	
Z7	4				100			100	0,833	12 AWG	15	
Z8	10		1			508		508	4,233	12 AWG	15	
Z9	4		9				1220	1220	10,167	12 AWG	15	
Z10										10 AWG	40	Sin Uso
Z11										10 AWG	40	Sin Uso
Z12										---		Sin Uso
Z13-Z14				1	1250	1250		2500	20,833	12 AWG	20-20	Aire Acondicionado
Z15-Z16			2	1	1350		1350	2700	22,500	12 AWG	20-20	
Z17											15	Breaker Sin Cablear
Z18	1		4				420	420	3,500	12 AWG	15	
Z19	7		2		495			495	4,125	12 AWG	15	
Z20-Z21				1		1500	1500	3000	14,423	12 AWG	20-15	
Z22	10		6		1190			1190	9,917	12 AWG	15	
Z23	5		11			1435		1435	11,958	12 AWG	15	
Z24	8		15				1820	1820	15,167	12 AWG	15	
ACOMETIDA	65		64	4	4585	5303	8310	18198	50,5126	8 AWG	3*125	

Tabla 76. Los Autores. Cuadro de Carga Tablero de Distribución TZ

CUADRO DE CARGA TABLERO GENERAL TGBT PRIMER PISO

ACOMETIDA	LUCES		TOMAS		FASES			CARGA VA	CORRIENTE A	CALIBRE AWG	PROTECCIÓN A
	Com	Esp	Com	Esp	A	B	C				
1 - TB, TD, TX, TY, TZ	113	4	190	9	10805	14358	23400	48563	134,797	6 AWG	3*125
2 TE, TH, TW	32	1	42	16	14796,667	15561,667	13050,667	43409	120,491	6 AWG	3*50
3 TA, TC, TG	46	0	67	11	8825	10695	7051	26571	73,754	6 AWG	3*100
4 TF, TI, TJ	4	0	11	2	8666,67	9566,67	9091,67	27325	75,847	1/0 AWG	3*100
ACOMETIDA GENERAL	195	5	310	38	43093,333	50181,333	52593,333	145868	404,889	2/0 AWG	3*150

Tabla 77. Los Autores. Cuadro de Carga Tablero de Distribución TGBT

5.6 PÉRDIDAS DE POTENCIA

Los conductores eléctricos permiten el flujo de corriente requerido para la alimentación de las cargas; pero debido a que los conductores no son ideales, se presentan pérdidas de potencia descritas por el efecto Joule. Estas pérdidas se producen cuando no se realiza un correcto dimensionamiento de los conductores, cuando se mantiene una corriente de carga por periodos de tiempo considerables superior a la corriente que soporta el conductor y cuando existe un suministro de energía de baja calidad.

Es por esto que se realiza el cálculo de las pérdidas de potencia para cada uno de los circuitos ramales de la instalación eléctrica a través de la Ecuación [12] y presentadas en las siguientes Tablas:

$$Pp\% = \frac{100.r.\sum Lm.Sm^2}{Sm.V^2} \text{ Ecu [12]}$$

Dónde:

Pp%= Porcentaje de las Pérdidas de Potencia

r= Resistencia del conductor expresada por el tipo de material y área transversal

Lm= Longitud del conductor

Sm= Potencia aparente del Circuito

V= Tensión de alimentación del Circuito.

CUADRO DE PÉRDIDAS DE POTENCIA TABLERO DE DISTRIBUCIÓN TA									
CIRCUITO	CALIBRE AWG	SECC. TRAN. CONDUCTOR	r	TENSIÓN V	LONGITUD m	DEMANDA VA	% PÉRDIDAS POTENCIA CIRCUITO	% PÉRDIDAS POTENCIA ACUMULADA	OBSERVACIONES
A1	12	3,3	0,0059	120	24,8486	100	0,1019	0,1559	
A2	12	3,3	0,0059	120	7,0978	230	0,1088	0,1628	
A3	12	3,3	0,0059	120	10,5114	300	0,1479	0,2019	
A4	12	3,3	0,0059	120	17,306	820	0,2449	0,2989	
A5	12	3,3	0,0059	120	26,8604	240	0,2909	0,3449	
A6	12	3,3	0,0059	120	12,4686	1420	1,3529	1,4069	
A7	12	3,3	0,0059	120	11,8983	100	0,0488	0,1028	
A8	12	3,3	0,0059	120					Sin Uso
A9	12	3,3	0,0059	120					Sin Uso
A10	12	3,3	0,0059	120					Sin Uso
A11	12	3,3	0,0059	120					Sin Uso
A12	12	3,3	0,0059	120					Sin Uso

Tabla 78. Los Autores. Cuadro de Pérdidas de Potencia Tablero de Distribución TA

CUADRO DE PÉRDIDAS DE POTENCIA TABLERO DE DISTRIBUCIÓN TB									
CIRCUITO	CALIBRE AWG	SECC. TRAN. CONDUCTOR	r	TENSIÓN V	LONGITUD m	DEMANDA VA	% PÉRDIDAS POTENCIA CIRCUITO	% PÉRDIDAS POTENCIA ACUMULADA	OBSERVACIONES
B1-B2	12	3,3	0,005907	208	22,85	3000	0,93594	2,42080	
B3	12	3,3	0,005907	120	17,48	440	0,37517	1,86003	
B4	12	3,3	0,005907	120	-	-	-	-	Sin Uso
B5	12	3,3	0,005907	120	2,6301	150	0,04559	1,53045	
B6	12	3,3	0,005907	120	10,784	400	0,14959	1,63445	
B7	12	3,3	0,005907	120	30,7959	1500	1,89492	3,37978	Luminaria Exterior
B8	12	3,3	0,005907	120	47,0777	1500	2,89676	4,38162	Luminaria Exterior
B9	12	3,3	0,005907	120	-	-	-	-	Sin Conexión
B10	12	3,3	0,005907	120	8,6622	990	1,14235	2,62720	
B11	12	3,3	0,005907	120	9,5736	1025	0,46120	1,94606	
B12	12	3,3	0,005907	120	20,8186	1000	0,29986	1,78472	
B13	12	3,3	0,005907	120	3,0236	240	0,39902	1,88388	
B14	12	3,3	0,005907	120	5,7	380	0,03455	1,51941	
B15	12	3,3	0,005907	120	-	-	-	-	Sin Conexión
B16	12	3,3	0,005907	120	29,7112	100	0,12188	1,60674	
B17	12	3,3	0,005907	120	-	-	-	-	Sin Conexión
B18	12	3,3	0,005907	120	35,7174	100	0,14652	1,63137	

Tabla 79. Los Autores. Cuadro de Pérdidas de Potencia Tablero de Distribución TB

CUADRO DE PÉRDIDAS DE POTENCIA TABLERO DE DISTRIBUCIÓN TC

CIRCUITO	CALIBRE AWG	SECC. TRAN. CONDUCTOR	r	TENSIÓN V	LONGITUD m	DEMANDA VA	% PÉRDIDAS POTENCIA CIRCUITO	% PÉRDIDAS POTENCIA ACUMULADA	OBSERVACIONES
C1	12	3,3	0,005907	120	35,5411	1025	1,20874	1,46154	
C2	12	3,3	0,005907	120	5,1239	560	0,36065	0,61345	
C3	12	3,3	0,005907	120	16,3988	820	0,78375	1,03655	
C4	12	3,3	0,005907	120	29,9461	1560	1,91633	2,16914	Revelador rayos x
C5	12	3,3	0,005907	120	9,267	205	0,08827	0,34107	
C6	12	3,3	0,005907	120	11,7617	940	0,62577	0,87858	
C7	12	3,3	0,005907	120	-	-	-	-	Desconocido
C8	12	3,3	0,005907	120	15,2922	920	0,87015	1,12295	
C9	12	3,3	0,005907	120	19,5744	400	0,01586	0,26866	
C10	12	3,3	0,005907	120	19,8337	300	0,01581	0,26862	
C11	12	3,3	0,005907	120	1,9418	40	0,00340	0,25620	
C12	12	3,3	0,005907	120	0,5597	771	0,00574	0,25855	
C13-C14	12	3,3	0,005907	208	33,9146	3000	1,38915	1,64195	
C15-C16	12	3,3	0,005907	208	17,3072	3000	0,73267	0,98547	Aire Acondicionado
C17	12	3,3	0,005907	120	-	-	-	-	Desconocido
C18	12	3,3	0,005907	120	21,7402	150	0,00859	0,26139	

C19	12	3,3	0,005907	120	15,6639	420	0,04119	0,29399	
C20	12	3,3	0,005907	120	-	-	-	-	Desconocido
C21	12	3,3	0,005907	120	7,46389	150	0,02616	0,27896	
C22-C23	12	3,3	0,005907	208	36,9267	3000	1,51253	1,76533	Aire Acondicionado
C24	12	3,3	0,005907	120	-	-	-	-	Desconocido

Tabla 80. Los Autores. Cuadro de Pérdidas de Potencia Tablero de Distribución TC

CUADRO DE PÉRDIDAS DE POTENCIA TABLERO DE DISTRIBUCIÓN TD									
CIRCUITO	CALIBRE AWG	SECC. TRAN. CONDUCTOR	r	TENSIÓN V	LONGITUD m	DEMANDA VA	% PÉRDIDAS POTENCIA CIRCUITO	% PÉRDIDAS POTENCIA ACUMULADA	OBSERVACIONES
D1	12	3,3	0,005907	120	-	-	-	-	Sin Conexión
D2	12	3,3	0,005907	120	54,9536	1500	3,38138	3,87500	Luminaria Exterior
D3	12	3,3	0,005907	120	38,6738	1500	2,37966	2,87328	Luminaria Exterior
D4	12	3,3	0,005907	120	10,3128	640	0,49697	0,99059	

Tabla 81. Los Autores. Cuadro de Pérdidas de Potencia Tablero de Distribución TD

CUADRO DE PÉRDIDAS DE POTENCIA TABLERO DE DISTRIBUCIÓN TE									
CIRCUITO	CALIBRE AWG	SECC. TRAN. CONDUCTOR	r	TENSIÓN V	LONGITUD m	DEMANDA VA	% PÉRDIDAS POTENCIA CIRCUITO	% PÉRDIDAS POTENCIA ACUMULADA	OBSERVACIONES
E1	12	3,3	0,00590702	120	-	-	-	-	Sin Uso
E2	12	3,3	0,00590702	120	6,78254	100	0,027823	0,363205708	
E3	12	3,3	0,00590702	120	10,68214	100	0,043819	0,379202255	
E4	12	3,3	0,00590702	120	-	-	-	-	Sin Conexión
E5	12	3,3	0,00590702	120	1,6953	690	0,170508	0,50589148	
E6	12	3,3	0,00590702	120	-	-	-	-	Sin Uso

Tabla 82. Los Autores. Cuadro de Pérdidas de Potencia Tablero de Distribución TE

CUADRO DE PÉRDIDAS DE POTENCIA TABLERO DE DISTRIBUCIÓN TF									
CIRCUITO	CALIBRE AWG	SECC. TRAN. CONDUCTOR	r	TENSIÓN V	LONGITUD m	DEMANDA VA	% PÉRDIDAS POTENCIA CIRCUITO	% PÉRDIDAS POTENCIA ACUMULADA	OBSERVACIONES
F1	12	3,3	0,00590702	120	17,2189	300	0,13952	0,53149	
F2	12	3,3	0,00590702	120	7,0871	600	0,45259	0,84456	
F3	12	3,3	0,00590702	120	6,0007	425	0,21939	0,61136	
F4	12	3,3	0,00590702	120	-	-	--	-	Sin Uso

Tabla 83. Los Autores. Cuadro de Pérdidas de Potencia Tablero de Distribución TF

CUADRO DE PÉRDIDAS DE POTENCIA TABLERO DE DISTRIBUCIÓN TG									
CIRCUITO	CALIBRE AWG	SECC. TRAN. CONDUCTOR	r	TENSIÓN V	LONGITUD m	DEMANDA VA	% PÉRDIDAS POTENCIA CIRCUITO	% PÉRDIDAS POTENCIA ACUMULADA	OBSERVACIONES
G1	12	3,3	0,005907	120	10,863	5100	1,84127	3,00644	
G2	12	3,3	0,005907	120	5,2308	200	0,04291	1,20809	Silla Odontológica
G3	12	3,3	0,005907	120	0,912	200	0,00748	1,17265	
G4	12	3,3	0,005907	120	7,2877	200	0,05979	1,22496	Silla Odontológica
G5	12	3,3	0,005907	120	12,0508	200	0,10221	1,26738	
G6	12	3,3	0,005907	120	14,6787	200	0,12966	1,29483	

Tabla 84. Los Autores. Cuadro de Pérdidas de Potencia Tablero de Distribución TG

CUADRO DE PÉRDIDAS DE POTENCIA TABLERO DE DISTRIBUCIÓN TH

CIRCUITO	CALIBRE AWG	SECC. TRAN. CONDUCTOR	r	TENSIÓN V	LONGITUD m	DEMANDA VA	% PÉRDIDAS POTENCIA CIRCUITO	% PÉRDIDAS POTENCIA ACUMULADA	OBSERVACIONES
H1-H2	12	3,3	0,005907	208	32,8883	3000	1,34712	2,38800	
H3-H4	12	3,3	0,005907	208	8,221	3000	0,33673	1,37762	
H5-H6	12	3,3	0,005907	208	8,3296	3000	0,34118	1,38207	
H7-H8	12	3,3	0,005907	208	10,416	3000	0,42664	1,46753	
H9-H10	12	3,3	0,005907	208	10,516	3000	0,43074	1,47163	
H11	12	3,3	0,005907	120	9,2114	100	0,03779	1,07867	
H12	12	3,3	0,005907	120	7,4672	1584	0,58766	1,62855	
H13	12	3,3	0,005907	120	9,6375	100	0,00000	1,04089	
H14	12	3,3	0,005907	120	8,4428	1200	0,08284	1,12372	
H15-H16	12	3,3	0,005907	208	4,6945	3000	0,00000	1,04089	
H17-H18	12	3,3	0,005907	208	5,3812	3000	0,00000	1,04089	
H19-H20	12	3,3	0,005907	208	14,5122	3000	0,59442	1,63531	
H21	12	3,3	0,005907	120	-	-	-	-	Breaker Sin Cablear
H22-H23	12	3,3	0,005907	208	12,9456	2500	0,44188	1,48277	Aire Acondicionado
H24	12	3,3	0,005907	120	20,4341	200	0,00774	1,04863	
H25-H26	12	3,3	0,005907	208	12,5941	1600	0,00242	1,04331	
H27	12	3,3	0,005907	120	-	-	-	-	Breaker Sin Cablear

H28	12	3,3	0,005907	120	4,511	1160	0,61154	1,65243	
H29	12	3,3	0,005907	120	13,4141	1700	0,95591	1,99680	
H30	12	3,3	0,005907	120	8,8618	100	0,00000	1,04089	
H31	12	3,3	0,005907	120	-	-	-	-	Breaker Sin Cablear
H32	12	3,3	0,005907	120	-	-	-	-	Breaker Sin Cablear
H33	12	3,3	0,005907	120	-	-	-	-	Breaker Sin Cablear
H34	12	3,3	0,005907	120	-	-	-	-	Breaker Sin Cablear
H35	12	3,3	0,005907	120	15,115	100	0,00000	1,04089	
H36	12	3,3	0,005907	120	6,0119	100	0,00000	1,04089	
H37	12	3,3	0,005907	120	7,2095	420	0,08927	1,13016	
H38	12	3,3	0,005907	120	5,347	555	0,10900	1,14989	
H39	12	3,3	0,005907	120	9,7021	1900	0,73788	1,77877	
H40	12	3,3	0,005907	120	15,3187	200	0,05038	1,09127	

Tabla 85. Los Autores. Cuadro de Pérdidas de Potencia Tablero de Distribución TH

CUADRO DE PÉRDIDAS DE POTENCIA TABLERO DE DISTRIBUCIÓN TI									
CIRCUITO	CALIBRE AWG	SECC. TRAN. CONDUCTOR	r	TENSIÓN V	LONGITUD m	DEMANDA VA	% PÉRDIDAS POTENCIA CIRCUITO	% PÉRDIDAS POTENCIA ACUMULADA	OBSERVACIONES
I1-I2-I3	6	13,29	0,001467	208	3,7811	20000	0,256377048	2,628117318	Equipo rayos X

Tabla 86. Los Autores. Cuadro de Pérdidas de Potencia Tablero de Distribución TI

CUADRO DE PÉRDIDAS DE POTENCIA TABLERO DE DISTRIBUCIÓN TJ									
CIRCUITO	CALIBRE AWG	SECC. TRAN. CONDUCTOR	r	TENSIÓN V	LONGITUD m	DEMANDA VA	% PÉRDIDAS POTENCIA CIRCUITO	% PÉRDIDAS POTENCIA ACUMULADA	OBSERVACIONES
J1-J2-J3	6	13,29	0,00146676	208	1	6000	0,020341	0,820032	

Tabla 87. Los Autores. Cuadro de Pérdidas de Potencia Tablero de Distribución TJ

CUADRO DE PÉRDIDAS DE POTENCIA TABLERO DE DISTRIBUCIÓN TW

CIRCUITO	CALIBRE AWG	SECC. TRAN. CONDUCTOR	r	TENSIÓN V	LONGITUD m	DEMANDA VA	% PÉRDIDAS POTENCIA CIRCUITO	% PÉRDIDAS POTENCIA ACUMULADA	OBSERVACIONES
W1-W2	12	3,3	0,005907	208	3,7396	2500	0,12765	0,653134	Aire Acondicionado
W2-W3	12	3,3	0,005907	208	8,4021	2500	0,28679	0,812282	Aire Acondicionado

Tabla 88. Los Autores. Cuadro de Pérdidas de Potencia Tablero de Distribución TW

CUADRO DE PÉRDIDAS DE POTENCIA TABLERO DE DISTRIBUCIÓN TX

CIRCUITO	CALIBRE AWG	SECC. TRAN. CONDUCTOR	r	TENSIÓN V	LONGITUD m	DEMANDA VA	% PÉRDIDAS POTENCIA CIRCUITO	% PÉRDIDAS POTENCIA ACUMULADA	OBSERVACIONES
X1	12	3,3	0,005907	120	2,0534	1500	0,12635	3,59577	UPS
X2	12	3,3	0,005907	120	5,0318	200	0,04411	3,51353	
X3	12	3,3	0,005907	120	-	-	-	-	Sin Uso
X4	12	3,3	0,005907	120	2,7996	500	0,52218	3,99160	
X5	12	3,3	0,005907	120	12,9741	1000	0,74079	4,21021	
X6	12	3,3	0,005907	120	2,7996	700	0,18819	3,65762	
X7	12	3,3	0,005907	120	14,5251	200	0,12271	3,59213	
X8	12	3,3	0,005907	120	31,7354	800	1,39125	4,86068	

Tabla 89. Los Autores. Cuadro de Pérdidas de Potencia Tablero de Distribución TX

CUADRO DE PÉRDIDAS DE POTENCIA TABLERO DE DISTRIBUCIÓN TY									
CIRCUITO	CALIBRE AWG	SECC. TRAN. CONDUCTOR	r	TENSIÓN V	LONGITUD m	DEMANDA VA	% PÉRDIDAS POTENCIA CIRCUITO	% PÉRDIDAS POTENCIA ACUMULADA	OBSERVACIONES
Y1	12	3,3	0,00590702	120	5,0764	200	0,028070	0,875248	
Y2	12	3,3	0,00590702	120	1,5258	100	0,006259	0,853437	
Y3	12	3,3	0,00590702	120	-	-	-	-	Sin Conexión
Y4	12	3,3	0,00590702	120	-	-	-	-	Sin Conexión
Y5	12	3,3	0,00590702	120	-	-	-	-	Sin Conexión
Y6	12	3,3	0,00590702	120	-	-	-	-	Sin Conexión
Y7	12	3,3	0,00590702	120	-	-	-	-	Sin Conexión
Y8	12	3,3	0,00590702	120	-	-	-	-	Sin Conexión
Y9	12	3,3	0,00590702	120	7,0184	400	0,198146	1,045324	
Y10	12	3,3	0,00590702	120	12,5515	100	0,051488	0,898665	
Y11	12	3,3	0,00590702	120	11,6502	100	0,047790	0,894968	
Y12-Y13	12	3,3	0,00590702	208	7,0184	1300	0,124573	0,971751	
Y14	12	3,3	0,00590702	120	43,7666	640	1,236427	2,083605	
Y15	12	3,3	0,00590702	120	18,6266	800	0,265876	1,113054	
Y16	12	3,3	0,00590702	120	22,5731	300	0,065426	0,912604	
Y17	12	3,3	0,00590702	120	18,6266	2160	1,085511	1,932688	
Y18	10	5,25	0,00371299	120	27,4822	4900	0	0,847178	Tablero TX

Tabla 90. Los Autores. Cuadro de Pérdidas de Potencia Tablero de Distribución TY

CUADRO DE PÉRDIDAS DE POTENCIA TABLERO DE DISTRIBUCIÓN TZ

CIRCUITO	CALIBRE AWG	SECC. TRAN. CONDUCTOR	r	TENSIÓN V	LONGITUD m	DEMANDA VA	% PÉRDIDAS POTENCIA CIRCUITO	% PÉRDIDAS POTENCIA ACUMULADA	OBSERVACIONES
Z1	12	3,3	0,005907023	120	59,9501	100	0,24288	1,591457	
Z2	12	3,3	0,005907023	120	41,4106	290	0,52515	1,873732	
Z3	12	3,3	0,005907023	120	23,5207	900	1,87279	3,221370	
Z4	12	3,3	0,005907023	120	59,0428	100	0,24587	1,594443	
Z5	12	3,3	0,005907023	120	36,358	320	0,54338	1,891960	
Z6	12	3,3	0,005907023	120	23,5207	1100	1,86883	3,217411	
Z7	12	3,3	0,005907023	120	0,6701	100	0,04034	1,388918	
Z8	12	3,3	0,005907023	120	13,8324	508	0,14322	1,491801	
Z9	12	3,3	0,005907023	120	2,5113	1220	0,48080	1,829381	
Z10	12	3,3	0,005907023	120	-	-	-	-	Sin Uso
Z11	12	3,3	0,005907023	120	-	-	-	-	Sin Uso
Z12	12	3,3	0,005907023	120	-	-	-	-	Sin Uso
Z13-Z14	12	3,3	0,005907023	208	22,2914	2500	0,76089	2,109464	Aire Acondicionado
Z15-Z16	12	3,3	0,005907023	208	36,2893	2700	4,06291	5,411492	
Z17	12	3,3	0,005907023	120	-	-	-	-	Breaker sin cablear
Z18	12	3,3	0,005907023	120	24,4396	420	0,49595	1,844533	

Z19	12	3,3	0,005907023	120	10,4901	495	0,31486	1,663442	
Z20-Z21	12	3,3	0,005907023	208	10,9365	3000	0,44796	1,796540	
Z22	12	3,3	0,005907023	120	13,0824	1190	1,52698	2,875559	
Z23	12	3,3	0,005907023	120	13,0824	1435	0,43561	1,784189	
Z24	12	3,3	0,005907023	120	50,0292	1820	4,70008	6,048660	

Tabla 91. Los Autores. Cuadro de Pérdidas de Potencia Tablero de Distribución TZ

La norma de la ESSA [2] en su numeral 2.1.5, establece que las pérdidas de potencia para redes de baja tensión no debe superar el 5.5%.

Comparando los resultados obtenidos, con lo establecido en la norma, se observa que la gran mayoría de los conductores eléctricos cumple con los requerimientos mínimos, a excepción del circuito Z24. Se requiere por lo tanto aumentar el calibre del conductor o disminuir la carga del mismo.

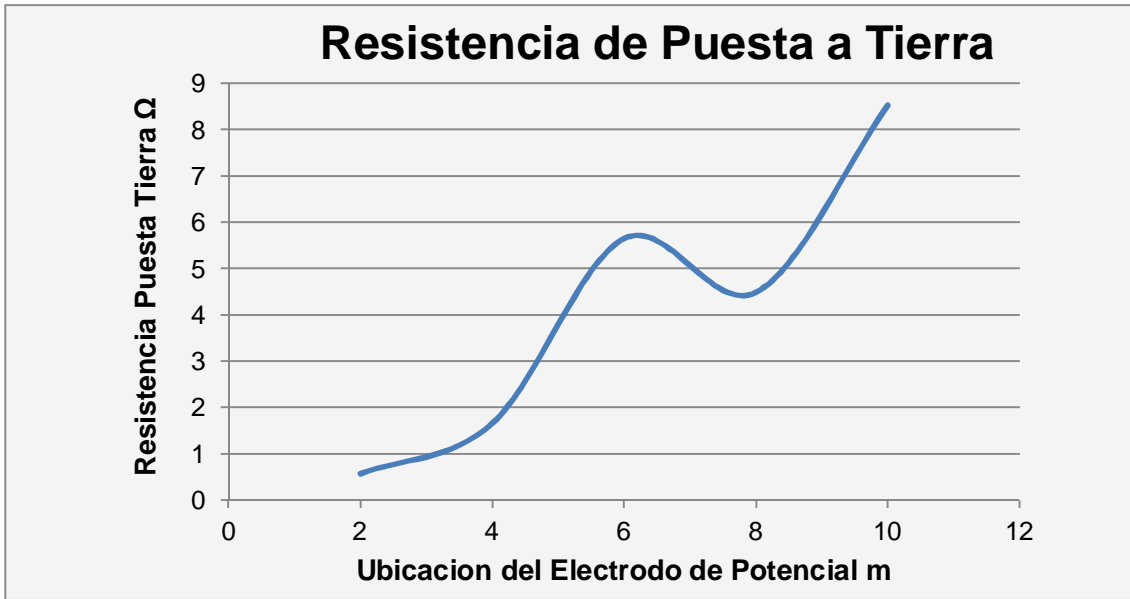
5.7 MEDICIÓN DE PUESTA A TIERRA

5.7.1 MEDICIÓN DE LA RESISTENCIA DE PUESTA TIERRA DE LA SUBESTACIÓN

La medición de la puesta a tierra se realizó a través del Teluometro KYORUTSU y se obtuvo siguiendo el método de la caída de potencial descrito en el numeral 2.4.3. Los datos obtenidos se muestran en la siguiente tabla:

Ubicación Electrodo Corriente 12 m	
Ubicación Electrodo Potencial m	Resistencia Puesta Tierra Ω
2	0.57
4	1.66
6	5.65
8	4.49
10	8.53

Tabla 92. Los Autores. Cuadro de Medición de la Resistencia de puesta a Tierra



Gráfica 15. Resistencia de puesta a tierra

Una vez graficados los datos, considerando la ubicación del electrodo de Corriente a una distancia de 12 m y realizado el cálculo correspondiente, se obtiene que el valor de la resistencia de puesta a tierra es de 5.72 Ω . Este valor cumple con lo exigido por la norma de la ESSA [2] en su numeral 2.1.6, la cual establece que el valor de la resistencia de Puesta a Tierra para redes de baja tensión debe ser menor o igual a 10 Ω .

5.7.2 MEDICIÓN DE LA RESISTIVIDAD DEL TERRENO

La medición de la resistividad del terreno se realizó a través del Telurómetro KYORUTSU y aplicando el método de Wenner descrito en el numeral 2.4.2.

Los resultados obtenidos se presentan en la tabla 91, en la cual se observa que la resistividad promedio del terreno es de 50.24 Ω .m.

MEDICIÓN DE LA RESISTIVIDAD DEL TERRENO		
Separación de Electrodo m	Resistividad (ρ) $\Omega \cdot m$	Resistencia (R) Ω
1	53,2	4,31
2	43,5	3,42
3	56,8	4,03
4	40,6	3,2
5	57,1	3,81
(ρ) promedio	50,24	3,754

Tabla 93. Los Autores. Cuadro de Medición de la Resistividad del terreno

5.8 CARGABILIDAD DE LOS CONDUCTORES ELÉCTRICOS

Teniendo en cuenta la carga instalada asociada a cada uno de los circuitos ramales y acometidas, se calculó la cargabilidad de los conductores a través de la Ecuación 13, la cual relaciona la carga instalada y la carga permisible.

La carga permisible depende de la capacidad amperimétrica del conductor y los factores de corrección por temperatura.

$$Q = \frac{C_{instalada}}{C_{permisible}} \times 100 \text{ Ecu [13]}$$

Una vez obtenidos estos valores, se tabulan en las siguientes tablas:

CUADRO DE CARGABILIDAD TABLERO TA PRIMER PISO						
CIRCUITO	CALIBRE AWG	CORRIENTE CORRECCION TEMPERATURA A	CARGA INSTALADA VA	CARGA PERMISIBLE VA	CARGABILIDAD	OBSERVACIONES
A1	12	20.25	100	2430	4.12%	
A2	12	20.25	400	2430	16.46%	
A3	12	16.2	300	1944	15%	
A4	12	20.25	800	2430	32.92%	
A5	12	20.25	300	2430	12%	
A6	12	20.25	1500	2430	62%	
A7	12	16.2	100	1944	5.14%	
A8	-----					Sin Uso
A9	-----					Sin Uso
A10	-----					Sin Uso
A11	-----					Sin Uso
A12	-----					Sin Uso
ACOMETIDA	6	44.55	3500	16038	21.82%	

Tabla 94. Los Autores. Cuadro De Cargabilidad Tablero de Distribución TA

CUADRO DE CARGABILIDAD TABLERO TB PRIMER PISO						
CIRCUITO	CALIBRE AWG	CORRIENTE CORRECCION TEMPERATURA A	CARGA INSTALADA VA	CARGA PERMISIBLE VA	CARGABILIDAD	OBSERVACIONES
B1-B2	12	20.25	3000	4212	71%	
B3	12	16.2	600	1944	31%	
B4	12	16.2				Sin Uso
B5	12	20.25	300	2430	12%	
B6	12	20.25	400	2430	16%	
B7	14	20.25	1500	2430	62%	Luminaria Exterior de Sodio
B8	12	20.25	1500	2430	62%	Luminaria Exterior de Sodio
B9	-----					Sin conexión
B10	12	20.25	1200	2430	49%	
B11	12	20.25	1400	2430	58%	

B12	12	20.25	300	2430	12%	
B13	12	20.25	600	2430	25%	
B14	12	20.25	800	2430	33%	
B15	-----					Sin conexión
B16	12	16.2	100	1944	5%	
B17	12	16.2		1944		Sin conexión
B18	12	16.2	100	1944	5%	
ACOMETIDA	6	44.55	11800	16038	73.58%	

Tabla 95. Los Autores. Cuadro De Cargabilidad Tablero de Distribución TB

CUADRO DE CARGABILIDAD TABLERO TC PRIMER PISO						
CIRCUITO	CALIBRE AWG	CORRIENTE CORRECCION TEMPERATURA A	CARGA INSTALADA VA	CARGA PERMISIBLE VA	CARGABILIDAD	OBSERVACIONES
C1	12	20.25	1100	2430	45.27%	
C2	12	20.25	700	2430	28.81%	
C3	12	20.25	900	2430	37%	
C4	12	20.25	1560	2430	64%	Procesador de Películas de Rayos X
C5	12	20.25	400	2430	16.46%	
C6	12	20.25	1200	2430	49%	
C7	12	20.25		2430		Desconocido
C8	12	20.25	1000	2430	41.15%	
C9	12	20.25	400	2430	16.46%	
C10	12	20.25	300	2430	12%	
C11	12	16.2	100	1944	5.14%	
C12	12	16.2	846	1944	43.52%	
C13-C14	12	16.2	3000	3370	89%	
C15-C16	12	16.2	3000	3370	89%	Aire Acondicionado
C17	12	16.2		1944		Desconocido
C18	12	20.25	300	2430	12%	
C19	12	20.25	500	2430	20.58%	
C20	12	20.25		2430		Desconocido
C21	12	20.25	300	2430	12%	
C22-C23	12	20.25	3000	4212	71%	Aire Acondicionado
C24	12	20.25		2430		Desconocido
ACOMETIDA	6	44.55	18606	16038	116.01%	

Tabla 96. Los Autores. Cuadro De Cargabilidad Tablero de Distribución TC

CUADRO DE CARGABILIDAD TABLERO TD PRIMER PISO						
CIRCUITO	CALIBRE AWG	CORRIENTE CORRECCION TEMPERATURA A	CARGA INSTALADA VA	CARGA PERMISIBLE VA	CARGABILIDAD	OBSERVACIONES
D1	12	20.25				Sin conexión
D2	12	20.25	1500	2430	61.73%	Luminaria Exterior de Sodio
D3	12	20.25	1500	2430	61.73%	Luminaria Exterior de Sodio
D4	12	20.25	800	2430	32.92%	
D5	-----					Sin conexión
D6	-----					Sin conexión
D7	-----					Sin Uso
D8	-----					Sin Uso
D9	-----					Sin Uso
D10	-----					Sin Uso
D11	-----					Sin Uso
D12	-----					Sin Uso
ACOMETIDA	6	44.55	3800	16038	24%	

Tabla 97. Los Autores. Cuadro De Cargabilidad Tablero de Distribución TD

CUADRO DE CARGABILIDAD TABLERO TE PRIMER PISO						
CIRCUITO	CALIBRE AWG	CORRIENTE CORRECCION TEMPERATURA A	CARGA INSTALADA VA	CARGA PERMISIBLE VA	CARGABILIDD	OBSERVACIONES
E1	-----					Sin Uso
E2	12	20.25	100	2430	4.12%	
E3	12	20.25	100	2430	4.12%	
E4	-----					Sin conexión
E5	12	20.25	900	2430	37%	
E6	-----					Sin Uso
ACOMETIDA	12	16.2	1100	3564	30.86%	

Tabla 98. Los Autores. Cuadro De Cargabilidad Tablero de Distribución TE

CUADRO DE CARGABILIDAD TABLERO TF PRIMER PISO						
CIRCUITO	CALIBRE AWG	CORRIENTE CORRECCION TEMPERATURA A	CARGA INSTALADA VA	CARGA PERMISIBLE VA	CARGABILIDAD	OBSERVACIONES
F1	12	20.25	300	2430	12%	
F2	12	20.25	600	2430	25%	
F3	12	20.25	600	2430	25%	
F4	-----					Sin Uso
ACOMETIDA	10	24.3	1500	5346	28.06%	

Tabla 99. Los Autores. Cuadro De Cargabilidad Tablero de Distribución TF

CUADRO DE CARGABILIDAD TABLERO TG PRIMER PISO						
CIRCUITO	CALIBRE AWG	CORRIENTE CORRECCION TEMPERATURA A	CARGA INSTALADA VA	CARGA PERMISIBLE VA	CARGABILIDAD	OBSERVACIONES
G1	12	20.25	3400	2430	139.92%	Máquina de Rayos X y Autoclave de Esterilización,
G2	12	20.25	1500	2430	62%	Silla odontológica 1
G3	12	20.25	100	2430	4.12%	
G4	12	20.25	1500	2430	62%	Silla odontológica 2
G5	12	20.25	200	2430	8.23%	
G6	12	20.25	200	2430	8.23%	
ACOMETIDA	12	20.25	6900	4455	154.88%	

Tabla 100. Los Autores. Cuadro De Cargabilidad Tablero de Distribución TG

CUADRO DE CARGABILIDAD TABLERO TH PRIMER PISO						
CIRCUITO	CALIBRE AWG	CORRIENTE CORRECCION TEMPERATURA A	CARGA INSTALADA VA	CARGA PERMISIBLE VA	CARGABILIDAD	OBSERVACIONES
H1-H2	12	16.2	3000	3564	84%	
H3-H4	12	16.2	3000	3564	84%	
H5-H6	12	16.2	3000	3564	84%	
H7-H8	12	16.2	3000	3564	84%	
H9-H10	12	16.2	3000	3564	84%	

H11	12	16.2	180	1944	9%	
H12	12	16.2	1950	1944	100%	
H13	12	16.2	100	1944	5.14%	
H14	12	16.2	2900	1944	149.18%	
H15-H16	12	16.2	3000	3564	84%	
H17-H18	12	20.25	3000	4455	67%	
H19-H20	12	20.25	3000	4455	67%	
H21	12	16.2				Sin Conexión
H22-H23	12	16.2	3000	3564	84%	Aire Acondicionado
H24	12	16.2	200	1944	10.29%	
H25-H26	12	20.25	3100	4455	69.58%	
H27	12	20.25				Sin Conexión
H28	12	16.2	1400	1944	72.02%	
H29	12	16.2	2900	1944	149.18%	
H30	12	16.2	100	1944	5.14%	
H31	12	16.2				Sin Conexión
H32	12	16.2				Sin Conexión
H33	12	20.25				Sin Conexión
H34	12	20.25				Sin Conexión
H35	12	20.25	100	2430	4.12%	
H36	12	16.2	100	1944	5.14%	
H37	12	20.25	900	2430	37%	
H38	12	20.25	900	2430	37%	
H39	12	16.2	1950	1944	100%	
H40	12	16.2	200	1944	10.29%	
ACOMETIDA	2	76.95	43980	27702	158.76%	

Tabla 101. Los Autores. Cuadro De Cargabilidad Tablero de Distribución TH

CUADRO DE CARGABILIDAD TABLERO TW SEGUNDO PISO						
CIRCUITO	CALIBRE AWG	CORRIENTE CORRECCION TEMPERATURA A	CARGA INSTALADA VA	CARGA PERMISIBLE VA	CARGABILIDAD	OBSERVACIONES
W1-W2	12	20.25	3000	4455	67%	Aire Acondicionado
W2-W3	12	20.25	3000	4455	67%	Aire Acondicionado
ACOMETIDA	6	44.55	6000	16038	37%	

Tabla 102. Los Autores. Cuadro De Cargabilidad Tablero de Distribución TW

CUADRO DE CARGABILIDAD TABLERO TX SEGUNDO PISO						
CIRCUITO	CALIBRE AWG	CORRIENTE CORRECCION TEMPERATURA A	CARGA INSTALADA VA	CARGA PERMISIBLE VA	CARGABILIDAD	OBSERVACIONES
X1	12	16.2	1500	1944	77%	Toma asociado a la UPS
X2	12	16.2	200	1944	10.288%	
X3	-----	16.2		1944		Sin Uso
X4	12	16.2	500	1944	25.720%	
X5	12	16.2	1000	1944	51.440%	
X6	12	16.2	700	1944	36.008%	
X7	12	16.2	200	1944	10.288%	
X8	12	16.2	800	1944	41.152%	
ACOMETIDA	10	24.3	4900	2916	168.038%	

Tabla 103. Los Autores. Cuadro De Cargabilidad Tablero de Distribución TX

CUADRO DE CARGABILIDAD TABLERO TY PRIMER PISO						
CIRCUITO	CALIBRE AWG	CORRIENTE CORRECCION TEMPERATURA A	CARGA INSTALADA VA	CARGA PERMISIBLE VA	CARGABILIDAD	OBSERVACIONES
Y1	12	20.25	200	2430	8.23%	
Y2	12	20.25	100	2430	4.12%	
Y3	-	-	-	-	-	Sin conexión
Y4	-	-	-	-	-	Sin conexión
Y5	-	-	-	-	-	Sin conexión
Y6	-	-	-	-	-	Sin conexión
Y7	-	-	-	-	-	Sin conexión
Y8	-	-	-	-	-	Sin conexión
Y9	12	16.2	400	1944	20.58%	
Y10	12	16.2	100	1944	5.14%	
Y11	12	16.2	100	1944	5.14%	
Y12-Y13	12	16.2	3000	3564	84%	
Y14	12	16.2	600	1944	31%	
Y15	12	16.2	800	1944	41.15%	
Y16	12	16.2	300	1944	15%	
Y17	12	16.2	2600	1944	133.74%	
Y18	10	24.3	4650	2916	159%	Al Tablero TX
ACOMETIDA	8	32.4	12850	11664	110.17%	

Tabla 104. Los Autores. Cuadro De Cargabilidad Tablero de Distribución TY

CUADRO DE CARGABILIDAD TABLERO TZ SEGUNDO PISO						
CIRCUITO	CALIBRE AWG	CORRIENTE CORRECCION TEMPERATURA A	CARGA INSTALADA VA	CARGA PERMISIBLE VA	CARGABILIDAD	OBSERVACIONES
Z1	12	20.25	100	2430	4.12%	
Z2	12	20.25	800	2430	32.92%	
Z3	12	16.2	800	1944	41.15%	
Z4	12	16.2	100	1944	5.14%	
Z5	12	16.2	800	1944	41.15%	
Z6	12	16.2	1100	1944	56.58%	
Z7	12	20.25	400	2430	16.46%	
Z8	12	20.25	1100	2430	45.27%	
Z9	12	20.25	1300	2430	53.50%	
Z10	10	24.3		2916		Sin Uso
Z11	10	24.3		2916		Sin Uso
Z12	-----					Sin Uso
Z13-Z14	12	20.25	3000	4455	67%	Aire Acondicionado
Z15-Z16	12	16.2	3200	3564	89.79%	
Z17	12	16.2				Sin Conexión
Z18	12	16.2	400	1500	26.67%	
Z19	12	20.25	900	1500	60%	
Z20-Z21	12	20.25	3000	4455	67%	
Z22	12	20.25	1600	1500	107%	
Z23	12	20.25	1600	1500	106.67%	
Z24	12	20.25	2300	1500	153.33%	
ACOMETIDA	8	32.4	22500	11664	193%	

Tabla 105. Los Autores. Cuadro De Cargabilidad Tablero de Distribución TZ

Una vez obtenidos estos valores, se observa que existe una cargabilidad mayor al 100% en algunos de los conductores de los circuitos TC, TG, TH, TX, TY, y TZ, hecho por el cual se debe realizar un redistribución de la carga en los circuitos sobrecargados o aumentar el calibre del conductor si es necesario, con el fin de evitar el deterioro de los conductores y prevenir fallas en el suministro eléctrico de las cargas asociadas.

5.9 CONDICIONES DE SEGURIDAD

En consideración con las disposiciones establecidas por el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE [4], se analiza las condiciones de seguridad de la instalación eléctrica, identificando los riesgos que ponen en peligro al personal no calificado, resaltando especialmente las distancias de seguridad, señalización y deterioro de los elementos y dispositivos eléctricos cuya connotación es de riesgo.

El tablero general en baja tensión, es una caja metálica con puerta y se encuentra ubicado en el cuarto de vigilancia en el primer piso. No cuenta con las distancias mínimas de seguridad, ya que debido al espacio reducido en el que se encuentra, la parte superior de la caja metálica es usada como repisa y los celadores mantienen un contacto directo con la misma, lo cual viola las condiciones de seguridad en caso de arco eléctrico. En esta área constantemente existe circulación de personal no calificado y el espacio es reducido para realizar labores de mantenimiento, instalación o medición.

Según el RETIE [4], para un nivel de tensión de 51 a 300 V el límite de aproximación seguro para partes móviles expuestas es de 3 m dentro de lo cual se considera que se debe evitar contacto ya sea por movimientos directos o involuntarios, hecho que aumenta el riesgo en este caso porque el tablero general en baja tensión no posee un sistema de puesta a tierra.

El área no posee señalización adecuada en la cual se especifique la posibilidad de entrar en riesgo por contacto eléctrico.

Los tableros de distribución en su mayoría no cuentan con señalización que permita prevenir cualquier manipulación de personal no calificado, no contienen interruptores diferenciales o automáticos ni conductores de puesta a tierra para aterrizar la carcasa metálica, de tal forma que se prevengan accidentes por cortocircuitos y por tensiones de paso y de contacto. En algunos tableros de distribución existe gran cantidad de polvo cristalizado en los conductores y en las protecciones debido a la falta de mantenimiento, lo cual aumenta las posibilidades

de que se produzca un incorrecto accionamiento de los dispositivos de protección contra sobrecargas.

Las cajas de inspección y algunos tomacorrientes también representan un alto riesgo eléctrico, ya que algunos de estos elementos están mal instalados, se encuentran sin mantenimiento y se dejan cables energizados expuestos al contacto exterior. Esto aumenta las posibilidades de entrar en contacto con partes energizadas y contribuye al deterioro de los aislamientos de los conductores, y la presencia de sobrecargas, cortocircuitos entre otros.

6 REDISEÑO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE LA CRUZ ROJA SECCIONAL SANTANDER

El proceso de rediseño parte del estado actual de las instalaciones eléctricas y le apunta a lograr una instalación eléctrica segura, eficiente, versátil, con adecuados niveles de iluminación y con capacidad suficiente para futura ampliaciones.

Es por esto que se requiere modificar las disposiciones actuales que no cumplen con la normativa vigente y aquellas que presentan alto grado de deterioro, así como también, diseñar y estudiar la implementación de sistemas no existentes, importantes para la seguridad de las personas y eficiencia de las redes eléctricas. A continuación se listan los aspectos considerados durante el proceso de rediseño:

- Redistribución por separado de los circuitos ramales de iluminación y tomacorrientes.
- Reemplazo de protecciones, ductería, calibre de los conductores y tomacorrientes.
- Diseño de los niveles de iluminación y cálculo de regulación de tensión.
- Diseño de la malla de puesta a tierra.
- Requisitos de seguridad eléctrica y señalización.
- Análisis de riesgo por descargas atmosféricas.

6.1. CUADROS DE CARGA DEL REDISEÑO

A continuación se describen los cuadros de carga de cada uno de los tableros de distribución para la instalación eléctrica nueva. Debido a que se realizó una redistribución total de los circuitos, los presentes cuadros de carga no mantienen ninguna similitud con los obtenidos en el levantamiento, solo se mantuvieron las protecciones, ductería y calibres de conductores en casos donde fue posible.

CUADRO DE CARGA TABLERO TA PRIMER PISO																		
CIRCUITO	LUCES					TOMAS			FASES			CARGA INSTALADA VA	CORRI NTE A	CALIBRE CONDUC	PROTECCI ÓN A	UBICACIÓN	OBSERV.	
	Comunes					Esp	Com	Esp	A	B	C							
	25	32	2*32	3*32	4*32													
A1		4		4		3			824			824	6,867	12 AWG	20	Consultorio2, Pasillo Trasero, Consultorio1	Iluminación	
A2	3	4	6			4				1332		1332	11,100	12 AWG	20	Damas Grises, Baños, Sala Espera 1	Iluminación	
A3		1	6	2	2	3					1180	1180	9,833	12 AWG	20	Proce .Menores, Curaciones, Citas Oftalmología	Iluminación	
A4	1		5	2	1	2			944			944	7,867	12 AWG	20	Consultorio3-4, Caja, Información	Iluminación	
A5							8			800		800	6,667	12 AWG	20	Consultorio1-2-3,Proce.Menores		
A6							7	2			1100	1100	9,167	12 AWG	20	Proce. Menores, Consultorio 1, Curaciones		
A7							4	3	920			920	7,667	12 AWG	20	Curaciones, Citas		
A8							5	3		1100		1100	9,167	12 AWG	20	Citas, Oftalmología		
A9								1			1000	1000	8,333	12 AWG	20	Oftalmología	Cafetera	
A10							3	2	700			700	5,833	12 AWG	20	Consultorio 2-3		
A11							4	1		600		600	5,000	12 AWG	20	Consultorio2-3-4, Pasillo Trasero		
A12																		Reserva
ACOMET.	5	8	17	8	3	12	31	12	3388	3832	3280	10500	29,167	8 AWG	3 X 30			

Tabla 106. Los Autores. Cuadro de Cargas Rediseño Tablero de Distribución TA

CUADRO DE CARGA TABLERO TB PRIMER PISO																	
CIRCUITO	LUCES					TOMAS		FASES			CARGA INSTALADA VA	CORRIENTE A	CALIBRE CONDUCTOR	PROTECCIÓN A	UBICACIÓN	OBSERV.	
	Comunes					Esp	Com	Esp	A	B							C
	25	32	2*32	3*32	4*32												
B1-B2								1	650	650		1300	6,250	12 AWG	2 x 20	Fisioterapia Consultorio	Aire Acondicionado
B3			8	3							1100	1100	9,167	12 AWG	20	Fisioterapia 1-2	Iluminación
B4	2						3	2	740			740	6,167	12 AWG	20	Cuarto Aseo, Fisioterapia 1	Iluminación y Tomas
B5	4	1	2		2					956		956	7,967	12 AWG	20	Fisio. Consultorio, Dormitorios, Autoclave	Iluminación
B6							4	2			720	720	6,000	12 AWG	20	Fisio.Consultorio-1, Autoclave	
B7							2	3	720			720	6,000	12 AWG	20	Fisioterapia1-2	
B8								1		800		800	6,667	12 AWG	20	Fisioterapia 1	Amplificador de Voltaje
B9								1			1800	1800	15,000	10 AWG	30	Fisioterapia 1	Hidrocollator
B10							3	1	420			420	3,500	12 AWG	20	Fisioterapia 1	
B11							1	4		740		740	6,167	12 AWG	20	Fisioterapia 1-2	
B12							6	2			920	920	7,666667	12 AWG	20	Fisio. Consultorio Dormitorios	
B13																	Reserva
B14																	Reserva
B15																	Reserva
B16																	Reserva
B17																	Reserva
B18																	Reserva
ACOMETIDA	6	1	10	3	2		19	17	2530	3146	4540	10216	28,3778	4 AWG	3 x 40		

Tabla 107. Los Autores. Cuadro de Cargas Rediseño Tablero de Distribución TB

CUADRO DE CARGA TABLERO TC PRIMER PISO																	
CIRCUITO	LUCES					TOMAS			FASES			CARGA INSTALADA VA	CORRIENTE A	CALIBRE CONDUCTOR	PROTECCIÓN A	UBICACIÓN	OBSERVACIONES
	Comunes					Esp	Com	Esp	A	B	C						
	25	32	2*32	3*32	4*32												
C1-C2								1	650	650		1300	6,250	12 AWG	2X20	Curaciones	Aire Acondicionado
C3-C4								1	1250		1250	2500	12,019	12 AWG	2X20	Oftalmología	Aire Acondicionado
C5-C6								1		650	650	1300	6,250	12 AWG	2X20	Proce. Menores	Aire Acondicionado
C7-C8								1	650	650		1300	6,250	12 AWG	2X20	Consultorio 1	Aire Acondicionado
C9-C10								1	650		650	1300	6,250	12 AWG	2X20	Consultorio 2	Aire Acondicionado
C11-C12								1		650	650	1300	6,250	12 AWG	2X20	Consultorio 3	Aire Acondicionado
C13-C14								1	650	650		1300	6,250	12 AWG	2X20	Odontología	Aire Acondicionado
C15-C16								1	650		650	1300	6,250	12 AWG	2X20	Consultorio 4	Aire Acondicionado
C17-C18								1		650	650	1300	6,250	12 AWG	2X20	Oficina 1	Aire Acondicionado
C19-C20								1	650	650		1300	6,250	12 AWG	2X20	Oficina 2	Aire Acondicionado
C21							8	1			1000	1000	8,333	12 AWG	20	Oftalmología, damas Grises	
C22								2	800			800	6,667	12 AWG	20	Vestidor Vigilancia	2 Compresores Odontología
C23-C24								1		1000	1000	2000	9,615	12 AWG	2X20	Oftalmología	Toma Bifásico
ACOMETIDA							8	14	5950	5550	6500	18000	50,000	4 AWG	3 X 50		

Tabla 108. Los Autores. Cuadro de Cargas Rediseño Tablero de Distribución TC

CUADRO DE CARGA TABLERO TD PRIMER PISO																	
CIRCUITO	LUCES					TOMAS			FASES			CARGA INSTALAD A VA	CORRI NTE A	CALIBRE CONDUCT OR	PROTECCI ÓN A	UBICACIÓN	OBSERVACIONES
	Comunes					Esp	Com	Esp	A	B	C						
	25	32	2*32	3*32	4*32												
D1		6	4			5			1040			1040	8,67	12 AWG	20	Bodega 1, sala espera 2	Iluminación Gral y Emergencia
D2			4			5	4			840		840	7,00	12 AWG	20	Parqueadero	Iluminación Gral y Emergencia
D3-D4						9			450		450	900	4,33	12 AWG	2 X 20		Iluminación Exterior
D5-D6								1		650	650	1300	6,25	12 AWG	2 X 20	Ofc .Almacenista	Aire Acondicionado
D7																	Reserva
D8																	Reserva
D9																	Reserva
D10																	Reserva
D11																	Reserva
D12																	Reserva
ACOMETIDA	0	6	8	0	0	19	4	1	1490	1490	1100	4080	19,615	6 AWG	3 X 30		

Tabla 109. Los Autores. Cuadro de Cargas Rediseño Tablero de Distribución TD

CUADRO DE CARGA TABLERO TE PRIMER PISO																	
CIRCUITO	LUCES					TOMAS		FASES			CARGA INSTALADA VA	CORRIENTE A	CALIBRE CONDUCTOR	PROTECCIÓN A	UBICACIÓN	OBSERVACIONES	
	Comunes					Esp	Com	Esp	A	B							C
	25	32	2*32	3*32	4*32												
E1	1		6		1	1			836			836	6,967	12 AWG	20	Rayos X, Control RX	Iluminación Gral y Emergencia
E2							4	3		840		840	7,000	12 AWG	20	Sala Espera Oficinas	
E3							8	3	1320			1320	11,000	12 AWG	20	Caja, Información, Oficina 1	
E4								1		1800		1800	15,000	12 AWG	20	Cuarto Oscuro	Revelador de Rayos x
E5							9	2	1140			1140	9,500	12 AWG	20	Rayos X, Control RX	
E6							5	3		940		940	7,833	12 AWG	20	Despacho Radiología, Cuarto Oscuro	
ACOMETIDA	1		6		1		26	12	3296	3580		6876	33,058	6 AWG	2 X 40		

Tabla 110. Los Autores. Cuadro de Cargas Rediseño Tablero de Distribución TE

CUADRO DE CARGA TABLERO TF PRIMER PISO													
CIRCUITO	LUCES		TOMAS		FASES			CARGA INSTALADA VA	CORRIENTE A	CALIBRE CONDUCTOR	PROTECCIÓN A	UBICACIÓN	OBSERVACIONES
	Com	Esp	Com	Esp	A	B	C						
F1-F2-F3				1	2000	2000	2000	6000	16,6543	10 AWG	3X30	Cuarto Autoclave	Autoclave Esterilización
F4-F5-F6				1	6666,67	6666,67	6666,667	20000	55,5144	4 AWG	3X60	Control RX	Equipo Rayos X
ACOMETIDA				2	8666,67	8666,67	8666,667	26000	72,2222	1/0 AWG	3X75		

Tabla 111. Los Autores. Cuadro de Cargas Rediseño Tablero de Distribución TF

CUADRO DE CARGA TABLERO TG PRIMER PISO																	
CIRCUITO	LUCES					TOMAS			FASES			CARGA INSTALADA VA	CORRIENTE A	CALIBRE CONDUCTOR	PROTECCIÓN A	UBICACIÓN	OBSERVACIONES
	Comunes					Esp	Com	Esp	A	B	C						
	25	32	2*32	3*32	4*32												
G1		6	2	2					1000		1000	8,333	12 AWG	20	Odontología, Vacunación	Iluminación Gral	
G2							1			1800	1800	15,000	12 AWG	20	Odontología	Revelador de Rayos X	
G3							1		1500		1500	12,500	12 AWG	20	Odontología	Autoclave de Esterilización	
G4						4	5			1200	1200	10,000	12 AWG	20	Odontología, Vacunación		
G5						7	2		900		900	7,500	12 AWG	20	Odontología	Tomas Gral y de Piso	
G6							1			1800	1800	15,000	12 AWG	20	Odontología	Rayos X	
ACOMET.			2	2		11	10		3400	4800	8200	39,423	8 AWG	2 X 40			

Tabla 112. Los Autores. Cuadro de Cargas Rediseño Tablero de Distribución TG

CUADRO DE CARGA TABLERO TH PRIMER PISO

CIRCUITO	LUCES						TOMAS		FASES			CARGA INSTALADA VA	CORRIENTE A	CALIBRE CONDUCTOR	PROTECCIÓN A	UBICACIÓN	OBSERVACIONES
	Com					Esp	Com	Esp	A	B	C						
	25	32	2*32	3*32	4*32												
H1-H2								1	750	750		1500	7,212	12 AWG	2X20	Citología	Destilador de Agua
H3-H4								1	1500		1500	3000	14,423	12 AWG	2X20	Urología	Toma Bifásico
H5-H6								1		1500	1500	3000	14,423	12 AWG	2X20	Hematología	Toma Bifásico
H7-H8								1	750	750		1500	7,212	12 AWG	2X20	Nevera	Destilador de Agua
H9-H10								1	1500		1500	3000	14,423	12 AWG	2X20	Bacteriología	Toma Bifásico
H11-H12								1		1250	1250	2500	20,833333	12 AWG	2X20	Laboratorio	Aire Acondicionado
H13-H14								1	1500	1500		3000	14,4231	12 AWG	2X20	Bioquímica	Toma Bifásico
H15	1		7	1		1					908	908	7,567	12 AWG	20	Toma Muestras, Citología, Recepción	Iluminación gral y de Emergencia
H16		7							700			700	5,833	12 AWG	20	Bacteriología, Bioquímica	Iluminación Localizada
H17		6								600		600	5,000	12 AWG	20	Hematología, Urología	Iluminación Localizada
H18	3			6							900	900	7,500	12 AWG	20	Desechos, Laboratorio	Iluminación Gral
H19	1	4	4			2			916			916	7,633	12 AWG	20	Oficinas 1-2, Sala de Espera Oficinas	Iluminación Gral y de Emergencia
H20								1		1050		1050	8,750	12 AWG	20	Bioquímica	Olla esterilizadora
H21							3	2			540	540	4,500	12 AWG	20	Nevera	
H22								1	1500			1500	12,500	12 AWG	20	Nevera	Horno Haceb
H23							2	2		600		600	5,000	12 AWG	20	Bioquímica	
H24							9	4			1540	1540	12,833	12 AWG	20	Toma Muestras, recepción	
H25							1	3	600			600	5,000	12 AWG	20	Bacteriología	
H26							5	1		700		700	5,833	12 AWG	20	Citología, Oficina 2	
H27								1			1500	1500	12,500	12 AWG	20	Bacteriología	Horno Haceb
H28								1	1000			1000	8,333	12 AWG	20	Laboratorio	Refrigerador

H29							5			500		500	4,167	12 AWG	20	Laboratorio, Desechos	
H30							5				500	500	4,167	12 AWG	20	Urologia, Hematologia	
H31																	Reserva
H32																	Reserva
H33																	Reserva
H34																	Reserva
H35																	Reserva
H36																	Reserva
ACOMETIDA	5	17	11	7	0	3	30	23	10716	9200	11638	31554	87,650	2 AWG	3 X 90		

Tabla 113. Los Autores. Cuadro de Cargas Rediseño Tablero de Distribución TH

CUADRO DE CARGA TABLERO TW SEGUNDO PISO

CIRCUITO	LUCES						TOMAS			FASES			CARGA INSTALADA VA	CORRIENTE A	CALIBRE CONDUCTOR	PROTECCIÓN A	UBICACIÓN	OBSERVACIONES
	Comunes						Esp	Com	Esp	A	B	C						
	15	25	32	2*32	3*32	4*32												
W1	1	1	4		4		4			1032			1032	8,6000	12 AWG	20	Pasillo B, cafetería, salón 2	Iluminación Gral y de Emergencia
W2			7	1	2		8				1064		1064	8,8667	12 AWG	20	Pasillo Socorro, Ofc. Almacena-rista, Bodega2	Iluminación Gral y de Emergencia
W3								3	2			620	620	5,1667	12 AWG	20	Salón 1	
W4									1	1000			1000	8,3333	12 AWG	20	Cafetería Central	Horno Microondas
W5								4	4		1040		1040	8,6667	12 AWG	20	Salón 1, cafetería	
W6									1			800	800	6,6667	12 AWG	20	Cafetería Central	Máquina de granizados
W7									1	800			800	6,6667	12 AWG	20	cafetería	Cafetera
W8								2	2		600		600	5,0000	12 AWG	20	Cafetería, salón 2	
W9								3	3			740	740	6,1667	12 AWG	20	salón 2	
W10								5		500			500	4,1667	12 AWG	20	Salon2, Pasillo y bodega Socorro	
W11								5	1		700		700	5,8333	12 AWG	20	Ofc. Almacena-rista, Bodega2	
W12																		Reserva
ACOMETIDA	1	1		1	6	0		22	15	3332	3404	2160	8896	24,711	6 AWG	3X30		

Tabla 114. Los Autores. Cuadro de Cargas Rediseño Tablero de Distribución TW

CUADRO DE CARGA TABLERO TX SEGUNDO PISO																		
CIRCUITO	LUCES						TOMAS			FASES			CARGA INSTALADA VA	CORRIENTE A	CALIBRE CONDUCTOR	PROTECCIÓN A	UBICACIÓN	OBSERVACIONES
	Comunes						Esp	Com	Esp	A	B	C						
	15	25	32	2*32	3*32	4*32												
X1				8			1				808		808	6,733	12 AWG	20	Damas Grises, Gestión Humanitaria	Iluminación Gral y de Emergencia
X2	1	1		10			4				1232		1232	10,267	12 AWG	20	Contabilidad, Pasillo A3	Iluminación Gral y de Emergencia
X3				8			1					808	808	6,733	12 AWG	20	Sala Voluntariado, Salón 1	Iluminación Gral y de Emergencia
X4									1	1500			1500	12,500	12 AWG	20	Contabilidad	UPS
X5								6	1		800		800	6,667	12 AWG	20	Contabilidad	
X6								3	3			900	900	7,500	12 AWG	20	Contabilidad, Contador2	
X7								1	2	500			500	4,167	12 AWG	20	Secretaria	
X8								7	1		900		900	7,500	12 AWG	20	Damas Grises, Gestión H, sala Volunt.	
X9								3	3			900	900	7,500	12 AWG	20	Damas Grises	
X10								3	2	700			700	5,833	12 AWG	20	Sala Voluntariado, Salón 1	Gestión Humanitaria
X11								1	3		700		700	5,833	12 AWG	20	Sala Voluntariado	
X12																		Reserva
ACOMETIDA	1	1		26	0	0	6	24	16	3508	3632	2608	9748	27,078	6 AWG	3 X 30		

Tabla 115. Los Autores. Cuadro de Cargas Rediseño Tablero de Distribución TX

CUADRO DE CARGA TABLERO TY SEGUNDO PISO																		
CIRCUITO	LUCES					TOMAS			FASES			CARGA INSTALADA VA	CORRIENTE A	CALIBRE CONDUCTOR	PROTECCIÓN A	UBICACIÓN	OBSERVACIONES	
	Comunes					Esp	Com	Esp	A	B	C							
	25	32	2*32	3*32	4*32													
Y1			11			2			1116			1116	9,300	12 AWG	20	Dirección Ejecutiva, Capacitación Externa	Iluminación Gral y de Emergencia	
Y2	3	1	1	6		6				1148		1148	9,567	12 AWG	20	Telemática, baños, Presidencia	Iluminación Gral y de Emergencia	
Y3				3	1	1						436	436	12 AWG	20	Secretaria, contador 1-2	Iluminación Gral y de Emergencia	
Y4		5	9						1400			1400	11,667	12 AWG	20	Salón Carmen Sofía	Iluminación Gral	
Y5		9				5				940		940	7,833	12 AWG	20	Bodega Socorro	Iluminación Gral y de Emergencia	
Y6							3	4				1100	1100	12 AWG	20	Presidencia		
Y7							3	2	700			700	5,833	12 AWG	20	Dirección Ejecutiva, Capacitación Externa		
Y8							6	1		1600		1600	13,333	12 AWG	20	Telemática	Tomas Gral y UPS	
Y9							5	4				1100	1100	12 AWG	20	Salón Carmen Sofía		
Y10							5	2	900			900	7,500	12 AWG	20	Capacitación Externa		
Y11							4	1		600		600	5,000	12 AWG	20	Contador 1		
Y12							6					600	600	12 AWG	20	Carmen Sofía, Bodega Socorro		
Y13																		Reserva
Y14																		Reserva
Y15																		Reserva
Y16																		Reserva
Y17																		Reserva
Y18																		Reserva
ACOMETIDA	3	15	21	9	1		32	14	4116	4288	3236	11640	32,333	6 AWG	3 X40			

Tabla 116. Los Autores. Cuadro de Cargas Rediseño Tablero de Distribución TY

CUADRO DE CARGA TABLERO TZ SEGUNDO PISO													
CIRCUITO	LUCES		TOMAS		FASES			CARGA INSTALADA VA	CORRIENTE A	CALIBRE CONDUCTOR	PROTECCIÓN A	UBICACIÓN	OBSERVACIONES
	Com	Esp	Com	Esp	A	B	C						
Z1-Z2				1	1250	1250		2500	12,019	10 AWG	2X30	Contabilidad	Aire Acondicionado
Z3-Z4				1	650		650	1300	6,250	12 AWG	2X20	Secretaria	Aire Acondicionado
Z5-Z6				1		650	650	1300	6,250	12 AWG	2X20	Contador1-2	Aire Acondicionado
Z7-Z8				1	650	650		1300	6,250	12 AWG	2X20	Telemática	Aire Acondicionado
Z9-Z10				1	1250		1250	2500	12,019	12 AWG	2X20	Presidencia	Aire Acondicionado
Z11-Z12				1		650	650	1300	6,250	12 AWG	2X20	Dirección Ejecutiva	Aire Acondicionado
Z13-Z14				1	650	650		1300	6,250	12 AWG	2X20	Capacitación Externa	Aire Acondicionado
Z15-Z16				1	650		650	1300	6,250	12 AWG	2X20	Carmen Sofia	Aire Acondicionado
Z17-Z18				1		1250	1250	2500	12,019	12 AWG	2X20	Carmen Sofia	Aire Acondicionado
Z19-Z20				1	650	650		1300	6,250	12 AWG	2X20	Damas Grises	Aire Acondicionado
Z21-Z22				1	650		650	1300	6,250	12 AWG	2X20	Sala Voluntariado	Aire Acondicionado
Z23-Z24				1		650	650	1300	6,250	12 AWG	2X20	Gestión Humanitaria	Aire Acondicionado
ACOMETIDA				12	6400	6400	6400	19200	53,333	4 AWG	3 X 60		

Tabla 117. Los Autores. Cuadro de Cargas Rediseño Tablero de Distribución TZ

CUADRO DE CARGA TABLERO GENERAL TGBT PRIMER PISO													
CIRCUITO	LUCES		TOMAS		FASES			CARGA INSTALADA VA	CORRIENTE A	CALIBRE CONDUCTOR	PROTECCIÓN A	UBICACIÓN	OBSERVACIONES
	Com	Esp	Com	Esp	A	B	C						
TA	41		31	12	3388	3832	3280	10500	29,167	8 AWG	3 X 30	Escaleras Primer Piso	
TB	22		19	17	2530	3146	4540	10216	28,378	4 AWG	3 x 40	Bodega 1 - Primer Piso	
TC			8	14	5950	5550	6500	18000	50,000	4 AWG	3 X 50	Escaleras Primer Piso	Aires Acondicionados, 2 Compresores y Tomas
TD	14	19	4	1	1490	1490	1100	4080	19,615	6 AWG	3 x 30	Bodega 1 - Primer Piso	
TE	8		26	12	3296	3580		6876	33,058	6 AWG	2 X 40	Rayos x	
TF				2	8666,667	8666,667	8666,667	26000	72,222	1/0 AWG	3X75	Control Rayos X	
TG	4		11	10		3400	4800	8200	39,423	8 AWG	2 X 40	Odontología	
TH	40		30	23	10716	9200	11638	31554	87,650	2 AWG	3 x 90	Laboratorio	
TW	9		22	15	3532	3404	2160	9096	25,267	8 AWG	3X30	Salón 2 -Segundo Piso	
TX	28		24	16	3508	3632	2608	9748	27,078	6 AWG	3 X 30	Contabilidad	
TY	49		32	14	4116	4288	3236	11640	32,333	6 AWG	3 X40	Pasillo Central- Segundo Piso	
TZ				12	6400	6400	6400	19200	53,333	4 AWG	3 X 60	Pasillo Central- Segundo Piso	Aires Acondicionados
ACOMETIDA	215	19	207	148	53592,667	56588,667	54928,667	165110	458,6389	2/0	3 x 150		

Tabla 118. Los Autores. Cuadro de Cargas Rediseño Tablero de Distribución General TGBT

6.2. CUADROS DE REGULACIÓN

Los cuadros de regulación se realizaron para cada uno de los circuitos ramales, recorriendo tramo a tramo la trayectoria más larga del circuito en estudio y guardando de no sobrepasar el 3% de caída de potencial tal y como lo establece la norma de la ESSA [2] en su numeral 2.1.4.2.

CUADRO DE REGULACIÓN REDISEÑO TABLERO DE DISTRIBUCIÓN TA							
CIRCUITO	Fc	MOMENTO kVA.m	CALIBRE AWG	KG 0,95	REGULACIÓN POR CIRCUITO %	REGULACIÓN ACUMULADA DESDE TGBT %	OBSERVACIONES
A1	6	10,4918952	12	559,367	0,8139	1,0400	
A2	6	9,2390996	12	559,367	0,7167	0,9428	
A3	6	24,8943056	12	559,367	1,9312	2,1572	
A4	6	14,5316675	12	559,367	1,1273	1,3533	
A5	6	12,5384	12	559,367	0,9727	1,1987	
A6	6	26,01543	12	559,367	2,0181	2,2442	
A7	6	23,777412	12	559,367	1,8445	2,0706	
A8	6	28,465904	12	559,367	2,2082	2,4343	
A9	6	31,0322	12	559,367	2,4073	2,6334	
A10	6	11,77542	12	559,367	0,9135	1,1395	
A11	6	13,27871	12	559,367	1,0301	1,2562	
A12							Reserva

Tabla 119. Los Autores. Cuadro De Regulación Rediseño Tablero de Distribución TA

CUADRO DE REGULACIÓN REDISEÑO TABLERO DE DISTRIBUCIÓN TB							
CIRCUITO	Fc	MOMENTO kVA.m	CALIBRE AWG	KG 0,95	REGULACIÓN POR CIRCUITO %	REGULACIÓN ACUMULADA DESDE TGBT %	OBSERVACIONES
B1-B2	2,25	33,31003	12	559,367	0,9690	1,7874	
B3	6	9,523472	12	559,367	0,7388	1,5572	
B4	6	5,21482475	12	559,367	0,4045	1,2230	
B5	6	10,92994235	12	559,367	0,8479	1,6663	
B6	6	15,549056	12	559,367	1,2062	2,0246	
B7	6	19,140566	12	559,367	1,4848	2,3033	
B8	6	9,40592	12	559,367	0,7297	1,5481	
B9	6	23,3064	10	353,67	1,1431	1,9616	
B10	6	12,353142	12	559,367	0,9583	1,7767	
B11	6	17,415072	12	559,367	1,3510	2,1694	
B12	6	20,055296	12	559,367	1,5558	2,3742	
B13	6	0	12	559,367	0	0,8184	
B14	6	0	12	559,367	0	0,8184	
B15	6	0	12	559,367	0	0,8184	
B16	6	0	12	559,367	0	0,8184	
B17	6	0	12	559,367	0	0,8184	
B18	6	0	12	559,367	0	0,8184	

Tabla 120. Los Autores. Cuadro De Regulación Rediseño Tablero de Distribución TB

CUADRO DE REGULACIÓN REDISEÑO TABLERO DE DISTRIBUCIÓN TC							
CIRCUITO	Fc	MOMENTO kVA.m	CALIBRE AWG	KG 0,95	REGULACIÓN POR CIRCUITO %	REGULACIÓN ACUMULADA DESDE TGBT %	OBSERVACIONES
C1-C2	2,25	35,44099	12	559,367	1,0310	1,1971	Aire Acondicionado
C3-C4	2,25	79,69725	12	559,367	2,3184	2,4845	Aire Acondicionado
C5-C6	2,25	26,07072	12	559,367	0,7584	0,9245	Aire Acondicionado
C7-C8	2,25	27,58288	12	559,367	0,8024	0,9685	Aire Acondicionado

C9-C10	2,25	25,12757	12	559,367	0,7310	0,8971	Aire Acondicionado
C11-C12	2,25	25,68488	12	559,367	0,7472	0,9133	Aire Acondicionado
C13-C14	2,25	26,58435	12	559,367	0,7734	0,9394	Aire Acondicionado
C15-C16	2,25	32,45645	12	559,367	0,9442	1,1103	Aire Acondicionado
C17-C18	2,25	16,03342	12	559,367	0,4664	0,6325	Aire Acondicionado
C19-C20	2,25	16,16342	12	559,367	0,4702	0,6363	Aire Acondicionado
C21	6	18,7128	12	559,367	1,4516	1,6177	
C22	6	0,64944	12	559,367	0,0504	0,2165	
C23-C24	2,25	68,5138	12	559,367	1,9931	2,1592	Aire Acondicionado

Tabla 121. Los Autores. Cuadro De Regulación Rediseño Tablero de Distribución TC

CUADRO DE REGULACIÓN REDISEÑO TABLERO DE DISTRIBUCIÓN TD							
CIRCUITO	Fc	MOMENTO kVA.m	CALIBRE AWG	KG 0,95	REGULACIÓN POR CIRCUITO %	REGULACIÓN ACUMULADA DESDE TGBT %	OBSERVACIONES
D1	6	4,9409776	12	559,367	0,3833	0,8237	
D2	6	9,6696896	12	559,367	0,7501	1,1905	
D3-D4	2,25	32,981994	12	559,367	0,9595	1,3998	Iluminación Exterior
D5-D6	2,25	16,46892	12	559,367	0,4791	0,9195	Aire Acondicionado

Tabla 122. Los Autores. Cuadro De Regulación Rediseño Tablero de Distribución TD

CUADRO DE REGULACIÓN REDISEÑO TABLERO DE DISTRIBUCIÓN TE							
CIRCUITO	Fc	MOMENTO kVA.m	CALIBRE AWG	KG 0,95	REGULACIÓN POR CIRCUITO %	REGULACIÓN ACUMULADA DESDE TGBT %	OBSERVACIONES
E1	6	7,2286161	12	559,367	0,5608	1,9379	
E2	6	17,03595	12	559,367	1,3216	2,6987	
E3	6	18,777352	12	559,367	1,4567	2,8338	

E4	6	10,017	12	559,367	0,7771	2,1542	
E5	6	20,053052 6	12	559,367	1,5556	2,9328	
E6	6	9,297554	12	559,367	0,7213	2,0984	

Tabla 123. Los Autores. Cuadro De Regulación Rediseño Tablero de Distribución TE

CUADRO DE REGULACIÓN REDISEÑO TABLERO DE DISTRIBUCIÓN TF							
CIRCUITO	Fc	MOMENTO kVA.m	CALIBRE AWG	KG 0,95	REGULACIÓN POR CIRCUITO %	REGULACIÓN ACUMULADA DESDE TGBT %	OBSERVACIONES
F1-F2-F3	1	57,4398	10	353,67	0,4696	1,2690	Autoclave
F4-F5-F6	1	38,242	4	89,2797	0,0817	0,8811	RayosX

Tabla 124. Los Autores. Cuadro De Regulación Rediseño Tablero de Distribución TF

CUADRO DE REGULACIÓN REDISEÑO TABLERO DE DISTRIBUCIÓN TG							
CIRCUITO	Fc	MOMENTO kVA.m	CALIBRE AWG	KG 0,95	REGULACIÓN POR CIRCUITO %	REGULACIÓN ACUMULADA DESDE TGBT %	OBSERVACIONES
G1	6	3,8153424	12	559,367	0,29597	1,53984	
G2	6	7,99485	12	559,367	0,62020	1,86406	
G3	6	6,86265	12	559,367	0,53237	1,77623	
G4	6	13,62533	12	559,367	1,05698	2,30085	
G5	6	7,74893	12	559,367	0,60112	1,84499	
G6	6	7,03485	12	559,367	0,54573	1,78959	

Tabla 125. Los Autores. Cuadro De Regulación Rediseño Tablero de Distribución TG

CUADRO DE REGULACIÓN REDISEÑO TABLERO DE DISTRIBUCIÓN TH							
CIRCUITO	Fc	MOMENTO kVA.m	CALIBRE AWG	KG 0,95	REGULACIÓN POR CIRCUITO %	REGULACIÓN ACUMULADA DESDE TGBT %	OBSERVACIONES
H1-H2	2,25	31,8795	12	559,367	0,9274	1,6713	
H3-H4	2,25	36,6315	12	559,367	1,0656	1,8095	
H5-H6	2,25	36,9315	12	559,367	1,0744	1,8183	
H7-H8	2,25	23,14905	12	559,367	0,6734	1,4173	
H9-H10	2,25	14,0835	12	559,367	0,4097	1,1536	
H11-H12	2,25	36,9396	12	559,367	1,0746	1,8185	Aire Acondicionado
H13-H14	2,25	31,0296	12	559,367	0,9027	1,6466	
H15	6	5,89392	12	559,367	0,4572	1,2011	
H16	6	11,0528	12	559,367	0,8574	1,6013	
H17	6	20,9433	12	559,367	1,6247	2,3686	
H18	6	6,1132357	12	559,367	0,4742	1,2181	
H19	6	5,0596358	12	559,367	0,3925	1,1364	
H20	6	14,004375	12	559,367	1,0864	1,8303	
H21	6	7,957868	12	559,367	0,6173	1,3612	
H22	6	22,73565	12	559,367	1,7637	2,5076	
H23	6	7,58227	12	559,367	0,5882	1,3321	
H24	6	14,374148	12	559,367	1,1151	1,8590	
H25	6	5,07821325	12	559,367	0,3939	1,1379	
H26	6	13,707	12	559,367	1,0633	1,8072	
H27	6	4,0603488	12	559,367	0,3150	1,0589	
H28	6	1,7330784	12	559,367	0,1344	0,8784	
H29	6	8,75314	12	559,367	0,6790	1,4229	
H30	6	4,8989	12	559,367	0,3800	1,1239	

Tabla 126. Los Autores. Cuadro De Regulación Rediseño Tablero de Distribución TH

CUADRO DE REGULACIÓN REDISEÑO TABLERO DE DISTRIBUCIÓN TW							
CIRCUITO	Fc	MOMENTO kVA.m	CALIBRE AWG	KG 0,95	REGULACIÓN POR CIRCUITO %	REGULACIÓN ACUMULADA DESDE TGBT %	OBSERVACIONES
W1	6	4,6833	12	559,367	0,3633	1,6325	
W2	6	6,1730	12	559,367	0,4789	1,7480	
W3	6	14,4086	12	559,367	1,1177	2,3869	
W4	6	15,9276	12	559,367	1,2356	2,5047	
W5	6	15,3178	12	559,367	1,1883	2,4574	
W6	6	14,6098	12	559,367	1,1334	2,4025	
W7	6	17,5333	12	559,367	1,3601	2,6293	
W8	6	10,6406	12	559,367	0,8254	2,0946	
W9	6	11,1903	12	559,367	0,8681	2,1372	
W10	6	3,1762	12	559,367	0,2464	1,5156	
W11	6	5,9176	12	559,367	0,4591	1,7282	
W12							Reserva

Tabla 127. Los Autores. Cuadro De Regulación Rediseño Tablero de Distribución TW

CUADRO DE REGULACIÓN REDISEÑO TABLERO DE DISTRIBUCIÓN TX							
CIRCUITO	Fc	MOMENTO kVA.m	CALIBRE AWG	KG 0,95	REGULACIÓN POR CIRCUITO %	REGULACIÓN ACUMULADA DESDE TGBT %	OBSERVACIONES
X1	6	6,3058984	12	559,367	0,4892	1,6117	
X2	6	8,4677832	12	559,367	0,6569	1,7794	
X3	6	11,9683512	12	559,367	0,9284	2,0509	
X4	6	4,5792	12	559,367	0,3552	1,4777	
X5	6	6,53327	12	559,367	0,5068	1,6293	
X6	6	10,56625	12	559,367	0,8197	1,9422	
X7	6	11,38152	12	559,367	0,8829	2,0054	
X8	6	18,47894	12	559,367	1,4335	2,5560	

X9	6	8,48817	12	559,367	0,6585	1,7810	
X10	6	12,84797	12	559,367	0,9967	2,1192	
X11	6	14,69082	12	559,367	1,1396	2,2621	
X12							Reserva

Tabla 128. Los Autores. Cuadro De Regulación Rediseño Tablero de Distribución TX

CUADRO DE REGULACIÓN REDISEÑO TABLERO DE DISTRIBUCIÓN TY							
CIRCUITO	Fc	MOMENTO kVA.m	CALIBRE AWG	KG 0,95	REGULACIÓN POR CIRCUITO %	REGULACIÓN ACUMULADA DESDE TGBT %	OBSERVACIONES
Y1	6	6,4642792	12	559,367	0,5015	0,9424	
Y2	6	13,9234001	12	559,367	1,0801	1,5211	
Y3	6	11,8195216	12	559,367	0,9169	1,3579	
Y4	6	15,0505328	12	559,367	1,1675	1,6085	
Y5	6	9,3810832	12	559,367	0,7277	1,1687	
Y6	6	24,46257	12	559,367	1,8977	2,3386	
Y7	6	2,17409	12	559,367	0,1687	0,6096	
Y8	6	20,79157	12	559,367	1,6129	2,0539	
Y9	6	14,1082	12	559,367	1,0944	1,5354	
Y10	6	9,84475	12	559,367	0,7637	1,2047	
Y11	6	17,85382	12	559,367	1,3850	1,8260	
Y12	6	13,81902	12	559,367	1,0720	1,5130	
Y13							Reserva
Y14							Reserva
Y15							Reserva
Y16							Reserva
Y17							Reserva
Y18							Reserva

Tabla 129. Los Autores. Cuadro De Regulación Rediseño Tablero de Distribución TY

CUADRO DE REGULACIÓN REDISEÑO TABLERO DE DISTRIBUCIÓN TZ							
CIRCUITO	Fc	MOMENTO kVA.m	CALIBRE AWG	KG 0,95	REGULACIÓN POR CIRCUITO %	REGULACIÓN ACUMULADA DESDE TGBT %	OBSERVACIONES
Z1-Z2	2,25	80,7065	10	353,67	1,4844	2,1071	Aire Acondicionado
Z3-Z4	2,25	28,40123	12	559,367	0,8262	1,4488	Aire Acondicionado
Z5-Z6	2,25	28,53123	12	559,367	0,8300	1,4526	Aire Acondicionado
Z7-Z8	2,25	11,50747	12	559,367	0,3348	0,9574	Aire Acondicionado
Z9-Z10	2,25	57,0895	12	559,367	1,6608	2,2834	Aire Acondicionado
Z11-Z12	2,25	11,56116	12	559,367	0,3363	0,9589	Aire Acondicionado
Z13-Z14	2,25	15,50458	12	559,367	0,4510	1,0737	Aire Acondicionado
Z15-Z16	2,25	26,86645	12	559,367	0,7816	1,4042	Aire Acondicionado
Z17-Z18	2,25	62,8225	12	559,367	1,8275	2,4502	Aire Acondicionado
Z19-Z20	2,25	37,85496	12	559,367	1,1012	1,7238	Aire Acondicionado
Z21-Z22	2,25	33,36736	12	559,367	0,9707	1,5933	Aire Acondicionado
Z23-Z24	2,25	33,49736	12	559,367	0,9745	1,5971	Aire Acondicionado

Tabla 130. Los Autores. Cuadro De Regulación Rediseño Tablero de Distribución TZ

6.3. PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LOS NIVELES DE ILUMINACIÓN

6.3.1 ILUMINACIÓN INTERIOR

Teniendo en cuenta que los niveles de iluminación de la instalación eléctrica actual son deficientes, se presenta una propuesta de mejoramiento, especialmente en aquellas zonas donde no se cumplen con los requisitos promedios de iluminación y uniformidad exigidos por la norma.

El nuevo sistema de iluminación posee luminarias fluorescentes de mayor flujo luminoso y menor consumo de potencia, por lo tanto, es necesario cambiar todos los tubos fluorescentes de bulbo T12 de la iluminación actual por tubos de bulbo T8, así como también reemplazar las luminarias de balasto electromagnéticos por balastos electrónicos.

Para un óptimo funcionamiento y eficiencia del sistema de iluminación, se requiere programar secciones de mantenimiento preventivo y correctivo de las luminarias.

El cálculo de la iluminación interior se realizó aplicando el método de las cavidades zonales descrito en el numeral 5.2.2.

Seguidamente se presentan las características de las luminarias utilizadas durante el rediseño de la iluminación interior.

CARACTERÍSTICAS DE LUMINARIAS						
MARCA	REFERENCIA	BULBO	TENSIÓN V	POTENCIA W	FLUJO LUMINOSO Lm	TIPO BALASTO
Philips	Fluorescente F32/ADV841	T8	120	32	3100	Electrónico
General Electric	Fluorescente F32/SP65	T8	120	32	2700	Electrónico
Sylvania	Fluorescente Espiral Compacta EU	T2	120	25	1450	-----
Philips	Fluorescente Compacto PLT/TOP/840	PL-Triple	120	32	2400	-----

Tabla 129. Los Autores. Características de Luminarias Utilizadas en el Rediseño de Iluminación

Una vez aplicado el método de las cavidades zonales, se presentan en las Tablas 128 y 129 los valores obtenidos durante el análisis.

NIVELES DE ILUMINACION PRIMIER PISO

ÁREA	LUMINARIAS						DIMENSIONES LOCAL		REFLECTANCIAS			h CAVIDADES			FU CORREGIDO	FM	Eprom
	MARCA	REFERENCIA	# LUM.	# BOM	FLUJO	POT. W	(a)	(l)	% ρt	% ρw	% ρf	hct	hcl	hcf			
Toma Muestras	Philips	F32-T8/ADV841	2	2	3100	32	2.95	2.9	94	57	18	0	1.85	0.85	0.55	0.57	454.06
Recepción	General Electric	F32-T8/SP65	2	2	2700	32	2.95	1.7	94	49.67	18	0	1.85	0.85	0.42	0.57	511.39
Nevera	Philips	F32-T8/ADV841	1	3	3100	32	1.8	2.9	94	70.75	18	0	1.85	0.85	0.50	0.57	504.59
Citología	Philips	F32-T8/ADV841	2	2	3100	32	2.9	2.9	94	57.35	18	0	1.85	0.85	0.57	0.57	472.08
Pasillo Citología	Sylvania	Espiral Compact T2	1	1	1450	25	1.1	3.15	94	55.25	18	0	1.85	0.85	0.38	0.57	89.97
Laboratorio. Ilum. General	Philips	F32-T8/ADV841	6	3	3100	32	5.92	7.35	94	57.35	18	0	1.85	0.85	0.69	0.57	503.60
Hematología. Ilum. Localizada	Philips	F32-T8/ADV841	3	1	3100	32	5.35	0.56	94	63	63	1.3	0.55	0	0.54	0.57	952.36
Urología. Ilum. Localizada	Philips	F32-T8/ADV841	3	1	3100	32	5.35	0.56	94	63	63	1.3	0.55	0	0.54	0.57	952.36

Bioquímica. Ilum. Localizada	Philips	F32- T8/ADV841	4	1	3100	32	7.45	0.56	94	63	63	1.3	0.55	0	0.55	0.57	923.72
Bacteriología. Ilum. Localizada	Philips	F32- T8/ADV841	3	1	3100	32	5.6	0.6	94	63	63	1.3	0.55	0	0.58	0.57	913.78
Rayos X	Philips	F32- T8/ADV841	4	2	3100	32	4.1	4.65	67	53	18	0	1.85	0.85	0.66	0.57	482.68
Despacho radiología	Philips	F32- T8/ADV841	1	4	3100	32	2.45	3.25	67	58.83	18	0	1.85	0.85	0.57	0.57	501.47
Toma Rayos X	Philips	F32- T8/ADV841	1	2	3100	32	1.65	2.9	67	61.1	18	0	1.85	0.85	0.65	0.57	474.83
Cuarto Oscuro	Philips	F32- T8/ADV841	1	2	3100	32	1.6	1.9	4	4	18	0.7	1.15	0.85	0.44	0.57	503.59
Consultorio Fisioterapia	Philips	F32- T8/ADV841	1	4	3100	32	2.89	2.5	8	8	18	0	1.85	0.85	0.51	0.57	498.91
Fisioterapia 1	Philips	F32- T8/ADV841	8	2	3100	32	8.95	5.95	94	67	18	0	1.85	0.85	0.93	0.57	489.74
Fisioterapia 2	Philips	F32- T8/ADV841	3	3	3100	32	5.95	3.3	94	67	18	0	1.85	0.85	0.63	0.57	503.74
Esterilización Odontología	Philips	F32- T8/ADV841	1	2	3100	32	1.82	2.8	94	58	42	0	1.85	0.85	0.71	0.57	488.74
Rayos X	Philips	F32- T8/ADV841	1	2	3100	32	1.45	1.95	94	58	42	0	1.85	0.85	0.40	0.57	491.86

Odontología		T8/ADV841																
Recepción odontología	Philips	F32-T8/ADV841	1	3	3100	32	1.6	3.9	94	56.14	42	0	1.85	0.85	0.59	0.57	494.86	
Odontología	Philips	F32-T8/ADV841	6	1	3100	32	4.25	3.9	94	58	42	0	1.85	0.85	0.77	0.57	489.02	
Citas	Philips	F32-T8/ADV841	3	2	3100	32	7.65	3	94	73	18	0	1.85	0.85	1.05	0.57	481.85	
Curaciones	Philips	F32-T8/ADV841	2	3	3100	32	4.65	2.99	94	65.15	18	0	1.85	0.85	0.68	0.57	511.69	
Procedimientos Menores	Philips	F32-T8/ADV841	2	4	3100	32	4.65	2.99	94	56.35	18	0	1.85	0.85	0.72	0.57	722.54	
Consultorio 1	Philips	F32-T8/ADV841	2	3	3100	32	4.65	2.9	94	65.15	18	0	1.85	0.85	0.64	0.57	501.46	
Consultorio 2	Philips	F32-T8/ADV841	2	3	3100	32	4.65	2.9	94	65.15	18	0	1.85	0.85	0.64	0.57	501.46	
Consultorio 3	Philips	F32-T8/ADV841	2	3	3100	32	4.65	3	94	65.15	18	0	1.85	0.85	0.67	0.57	506.43	
Consultorio 4A	Philips	F32-T8/ADV841	2	2	3100	32	1.75	4	94	45.08	18	0	1.85	0.85	0.50	0.57	496.77	
Consultorio 4B	Philips	F32-T8/ADV841	1	4	3100	32	2.02	3.55	94	41.63	18	0	1.85	0.85	0.51	0.57	497.49	

Caja	Philips	F32-T8/ADV841	1	2	3100	32	1.82	2.8	94	70	18	0	1.85	0.85	0.71	0.57	490.72
Información	Philips	F32-T8/ADV841	1	2	3100	32	1.68	2.66	94	70	18	0	1.85	0.85	0.64	0.57	502.81
Vacunación	Philips	F32-T8/ADV841	1	3	3100	32	1.95	3.25	94	52.7	18	0	1.85	0.85	0.60	0.57	495.31
Bodega 1	Philips	F32-T8/ADV841	6	1	3100	32	5.9	8.85	94	63.96	11	0	1.85	0.85	0.74	0.57	148.10
Oficina 1	Philips	F32-T8/ADV841	2	2	3100	32	2.95	2.99	94	62	18	0	1.85	0.85	0.62	0.57	492.21
Oficina 2	Philips	F32-T8/ADV841	2	2	3100	32	2.9	2.9	94	63	18	0	1.85	0.85	0.60	0.57	502.22
Sala de Espera 2	Philips	F32-T8/ADV841	4	2	3100	32	5.9	22.1	94	51.45	11	0	1.85	0.85	1.01	0.57	109.04
Sala de Espera 1	Philips	F32-T8/ADV841	7	2	3100	32	7.75	21.65	94	30.16	18	0	1.85	0.85	0.79	0.57	114.79
Salida Emergencia	Philips	F32-T8/ADV841	2	1	3100	32	2.7	4.35	94	11	18	0	1.85	0.85	0.40	0.57	118.91
Dormitorio Voluntariado	Philips	F32-T8/ADV841	1	4	3100	32	2.9	2.9	94	49.1	18	0	1.85	0.85	0.60	0.57	496.56
Baño Voluntariado	Philips	F32-	1	1	3100	32	2.9	1.9	94	54.7	18	0	1.85	0.85	0.51	0.57	162.01

		T8/ADV841															
Cuarto Autoclave	General Electric	F32-T8/SP65	2	2	2700	32	2.95	2.82	94	57	18	0.7	1.15	0.85	0.67	0.57	494.27
Cafetería Oftalmología	General Electric	F32-T8/SP65	1	1	2700	32	2.8	1.77	94	64.5	18	0	1.85	0.85	0.50	0.57	155.36
Oftalmología	Philips	F32-T8/ADV841	3	2	3100	32	2.8	6.03	94	64.5	18	0	1.85	0.85	0.80	0.57	495.92
Pasillo Trasero	Philips	F32-T8/ADV841	4	1	3100	32	1.2	26.8	94	59.7	18	0	1.85	0.85	0.49	0.57	107.44
Baños Mujeres	Philips	F32-T8/ADV841	1	1	3100	32	1.95	4	94	54.7	42	0	1.85	0.85	0.63	0.57	142.22
Baños Mujeres	Philips	F32-T8/ADV841	1	1	3100	32	1.95	4	94	54.7	42	0	1.85	0.85	0.63	0.57	142.22
Almacén Damas Grises	Philips	F32-T8/ADV841	2	1	2325	32	1.84	4	94	60.68	18	0	1.85	0.85	0.43	0.57	155.08
Sala Espera Oficinas	Philips	F32-T8/ADV841	2	1	3100	32	2.9	6.1	94	59.25	18	0	1.85	0.85	0.54	0.57	107.54
Parqueadero	Philips	F32-T8/ADV841	4	2	3100	32	8.85	8	90	50.94	3	0	1.85	0.85	0.75	0.57	147.93

Tabla 131. Los Autores. Niveles de iluminación rediseño primer piso

NIVELES DE ILUMINACION SEGUNDO PISO																	
ÁREA	LUMINARIAS						DIMENSIONES LOCAL		REFLECTANCIAS			h CAVIDADES			FU CORRE.	FM	Eprom
	MARCA	REFERENCIA	# LUM	# BOM	FLUJO	POT. W	(a)	(l)	% pt	% pw	% pf	hct	hcl	hcf			
Bodega 2	Philips	F32-T8/ADV841	3	1	3100	32	4.45	5.95	90	67.0	32	0	1.85	0.85	0.77	0.57	152.79
Oficina Almacenista	Philips	F32-T8/ADV841	2	3	3100	32	3	3.63	31	58.0	32	0	1.85	0.85	0.53	0.57	509.13
Pasillo Socorro	Philips	F32-T8/ADV841	1	2	3100	32	7.86	2.35	90	58.8	32	0	1.85	0.85	0.60	0.57	114.08
Cuarto Herramientas	Philips	F32-T8/ADV841	1	1	3100	32	1.3	3.6	90	63.0	18	0	1.85	0.85	0.42	0.57	155.66
Bodega Socorro	Philips	F32-T8/ADV841	9	1	3100	32	7.85	17.85	90	66.0	32	0	1.85	0.85	1.34	0.57	150.69
Damas Grises	Philips	F32-T8/ADV841	4	2	3100	32	4.15	5.98	90	64.3	18	0	1.85	0.85	0.89	0.57	503.29
Gestión Humanitaria	Philips	F32-T8/ADV841	4	2	3100	32	4.15	5.9	90	63.5	18	0	1.85	0.85	0.86	0.57	491.03
Sala Voluntariado	Philips	F32-T8/ADV841	4	2	3100	32	4.15	5.9	90	57.6	18	0	1.85	0.85	0.87	0.57	496.27

Salón 1	Philips	F32-T8/ADV841	4	2	3100	32	4.25	5.9	90	71.0	18	0	1.85	0.85	0.90	0.57	503.17
Salón 2	Philips	F32-T8/ADV841	4	3	3100	32	6	5.8	90	61.0	18	0	1.85	0.85	0.84	0.57	505.51
Comedores Cafetería	Philips	F32-T8/ADV841	2	1	3100	32	4	4.25	90	69.0	18	0	1.85	0.85	0.75	0.57	155.53
Cafetería Central	Sylvania	Espiral Compact T2	1	1	1450	25	1.5	2.9	90	69.0	18	0.7	1.15	0.85	0.75	0.57	141.68
Pasillo Principal	Philips	F32-T8/ADV841	6	1	3100	32	1.85	48.8	90	54.4	18	0.6	1.85	0.85	0.77	0.57	89.33
Salón Carmen Sofía. Ilum. Graneral	Philips	F32-T8/ADV841	9	2	3100	32	10.15	6	90	64.7	18	0	1.85	0.85	0.94	0.57	488.51
Salón Carmen Sofía. Ilum. Localizada	Philips	Compact PLT/840	5	1	2400	32	1.8	6	90	64.7	18	0	1.85	0.85	1.21	0.57	757.35
Capacitación Externa	General Electric	F32-T8/SP65	4	2	2700	32	4.1	4.3	90	63.9	18	0	1.85	0.85	0.72	0.57	496.03

Dirección Ejecutiva	General Electric	F32-T8/SP65	4	2	2700	32	4.1	4.3	90	63.9	18	0	1.85	0.85	0.72	0.57	496.03
Telemática	General Electric	F32-T8/SP65	2	3	2700	32	4	2.9	90	55.5	18	0	1.85	0.85	0.63	0.57	496.48
Baño Hombres	Sylvania	Espiral Compact T2	1	1	1450	25	2.8	1.7	90	58.1	42	0.7	1.15	0.85	0.88	0.57	151.24
Baño Mujeres	Sylvania	Espiral Compact T2	1	1	1450	25	2.8	1.1	90	58.1	42	0.7	1.15	0.85	0.54	0.57	144.50
Presidencia	Philips	F32-T8/ADV841	4	3	3100	32	5.95	6.05	90	58.0	18	0	1.85	0.85	0.84	0.57	491.49
Baño Presidencia	Sylvania	Espiral Compact T2	1	1	1450	25	1.09	2.9	90	58.2	42	0.7	1.15	0.85	0.56	0.57	146.35
Secretaria	Philips	F32-T8/ADV841	2	3	3100	32	5.9	2.89	90	62.0	18	0	1.85	0.85	0.79	0.57	485.74
Contador 1	Philips	F32-T8/ADV841	1	4	3100	32	3.1	3	90	63.1	18	0	1.85	0.85	0.68	0.57	508.99
Contador 2	Philips	F32-T8/ADV841	1	3	3100	32	2.74	3	90	67.9	18	0	1.85	0.85	0.77	0.57	489.79
Contabilidad	Philips	F32-T8/ADV841	3	3	3100	32	5.9	5	90	59.7	18	0	1.85	0.85	0.93	0.57	496.55
Bodega	Sylvania	Espiral	1	1	1450	25	1.6	1.85	90	59.3	18	0.7	1.15	0.85	0.52	0.57	143.78

Juventud		Compact T2															
Escalera 2do Piso	Philips	F32- T8/ADV841	1	1	3100	32	3.1	4.1	90	63.0	7	0.7	1.15	0.85	1.03	0.57	142.00
Escaleras Bodega	Philips	F32- T8/ADV841	1	1	3100	32	2.9	3.6	31	63.0	7	0.7	1.15	0.85	0.89	0.57	148.94
Bodega Almacenista 1	Philips	F32- T8/ADV841	1	1	3100	32	3.6	3	90	59.9	31	0	0.65	0.85	0.97	0.57	156.75
Bodega Almacenista 2	Philips	F32- T8/ADV841	1	1	3100	32	3.6	2.9	90	59.9	31	0	0.65	0.85	0.88	0.57	147.42

Tabla 132. Los Autores. Los Autores. Niveles de iluminación rediseño segundo piso

6.3.2 ILUMINACIÓN EXTERIOR

Actualmente la instalación eléctrica del edificio de la Cruz Roja no cuenta con un sistema de iluminación exterior, hecho por el cual se decide realizar el diseño del mismo, de tal forma que garantice la seguridad y visibilidad óptima de los peatones que por allí transitan.

En la tabla 510.3.3.a) del RETILAP [1], se establece la clase de iluminación para áreas exteriores. Tomando como referencia esta información se selecciona la clase P3 (Utilización nocturna moderada transitada por peatones y ciclistas).

Los valores de iluminancia establecidos para la clase P3, se presentan en la tabla 510.4.2 del RETILAP [1], en donde se observa que el nivel promedio de iluminancia es de 7.5 Lx y el valor mínimo de 1.5 Lx.

Teniendo en cuenta esta información, se realiza el cálculo de la Iluminación



Exterior ayudados por la herramienta de simulación DIALux [11].

Figura 25. Iluminación Zona Exterior DIALux [11] 1



Figura 26. Iluminación Zona Exterior DIALux [11] 2

Las luminarias exteriores son accionadas por dos fotocontroles electrónicos cuyas especificaciones son las siguientes:

DATOS TÉCNICOS FOTOCONTROL ELECTRONICO COSMEL	
Tensión de Servicio	145 V/250V
Corriente Máxima de carga	10 A
Temperatura de Trabajo	-30°C-60°C
Intensidad luminosa de conexión	10 lx +/- 30%
Intensidad luminosa de desconexión	50 lx +/- 30%
Retardo en la conexión	20 seg
Demora en la conexión	10 seg
Vida útil	Superior a 6000 operaciones
Posee varistor para protección contra sobre tensiones transitorias	
Compensado térmicamente	
Carcasa protectora resistente al granizo, niebla y humedad	
Alta resistencia a Vibraciones y Golpes	

Tabla 133. Los Autores. Datos Técnico Fotocontrol Electrónico

La descripción de las luminarias exteriores se presenta en la siguiente tabla:

CARACTERÍSTICAS LUMINARIA EXTERIOR	
MARCA	Philips
REFERENCIA	MVP504 GCxCPO-TW90w EB OC P1/ HID
POTENCIA W	90
TENSIÓN NOMINAL V	220
FLUJO LUMINOSO Lm	8177
COLOR DE LUZ	Blanca
ALTURA DE MONTAJE m	3.5

Tabla 134. Los Autores. Características de la Luminaria Exterior

Una vez realizada la simulación, se obtienen los niveles de iluminancia promedio Tabla 132. Para la realización de la simulación se consideran tres tramas de cálculo (ver Figura 25)

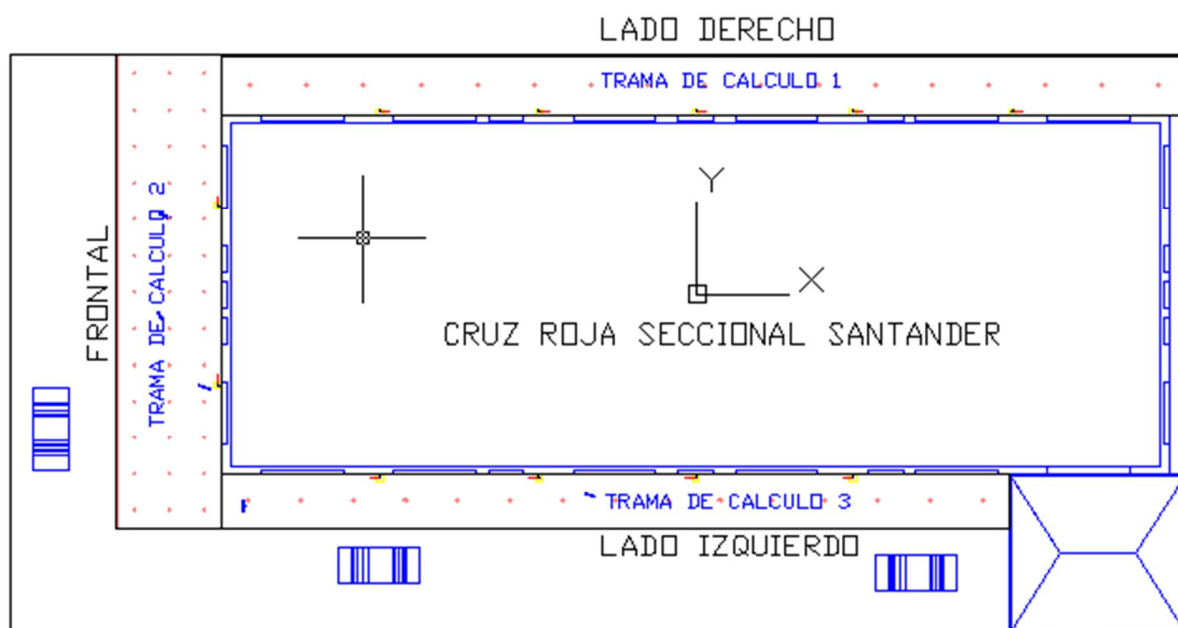


Figura 27. Tramas de Cálculo para Iluminación Exterior

RESULTADOS DE ILUMINANCIA			
	TRAMA DE CÁLCULO 1	TRAMA DE CÁLCULO 2	TRAMA DE CÁLCULO 3
E mínima Lx	30	19	28
E promedio Lx	115	62	112
E máxima Lx	188	129	204
Uniformidad (E_{min}/E_{media})	0.26	0.3	0.25

Tabla 135. Los Autores. Los Autores. Niveles de iluminación rediseño segundo piso

6.3.3 ILUMINACIÓN DE EMERGENCIA

La iluminación de emergencia es indispensable en las rutas de evacuación y en las áreas donde se requiera una iluminación constante. Es por esto que se realiza el diseño de la iluminación de emergencia en los pasillos, escalera, bodegas, parqueadero y área de contabilidad.

Las luminaria de emergencia funcionan a la ausencia de tensión, algunas poseen etiquetas de señalización sobre el difusor y otras son de sobreponer con Difusor blanco como lo muestran las Figuras 26 y 27.



Figura 28. Luminaria de emergencia con etiqueta de señalización



Figura 29. Luminaria de emergencia con difusor transparente

A continuación se describen las luminarias de emergencia utilizadas, así como también las etiquetas de señalización.

Características Luminaria de Emergencia	
Tensión V	120
Potencia W	8
Autonomía h	3
Batería	Ni-Cd 8.4 Vcc
Tiempo de carga Batería h	24
Protección	Mediante dispositivo Electrónico Automático

Tabla 136. Características de Luminaria de Emergencia

Las etiquetas de señalización utilizadas constan de láminas fotolumicentes que cumplen con lo establecido por la norma NTP399.010. Las señales de evacuación utilizadas se muestran en la Figura 28.



Figura 30. Etiquetas de Señalización de Evacuación

6.4 SISTEMA DE PUESTA A TIERRA

Las subestaciones con sistemas de puesta a tierra son una parte esencial del sistema eléctrico total. La puesta a tierra en una subestación es importante principalmente por dos razones:

1. Proveer un camino para la disipación de la corriente eléctrica dentro de la tierra sin llegar a exceder los límites de operación de los equipos.
2. Proveer un medio para proteger al personal que se encuentre cerca de la subestación de posible peligro por choques eléctricos bajo condiciones de falla.

La malla de puesta a tierra en una subestación juega un papel importante en la protección contra sobre tensiones, además de esto se utiliza para poder efectuar la conexión de:

- Los neutros del transformador, en forma directa o a través de resistencia o bobina.
- El neutro de todos los aparatos y equipos que lo precisen.
- Los circuitos de baja tensión de los transformadores de medida.

Uno de los parámetros más importantes para calcular la malla de puesta a tierra es la corriente máxima que puede pasar a tierra, para esto se toman las máximas corrientes de las fallas a tierra y se presentan en la siguiente tabla:

El valor a utilizar para el cálculo de malla de puesta a tierra es la máxima corriente de la tabla anterior,

$$I_{COCI} = 34,3672 \text{ kA}$$

Para realizar el diseño de la malla de puesta a tierra, es necesario contar con los datos que se muestran en la siguiente tabla. El diseño se realizará utilizando la IEEE 80.

DATOS DE ENTRADA	
Resistividad del terreno $\Omega. m$	50,4
Resistividad de la gravilla	3000
Profundidad del enterramiento	0,5 m
Espesor de la grava	0.1 m
Tiempo de duración de la falla	0,5 s
Factor de decremento de la corriente	1
Factor de crecimiento de la subestación	1
Temperatura promedio diaria	28

Tabla 137. Los Autores. Datos de entrada cálculo de la malla de puesta a tierra

A continuación se presentan los resultados obtenidos después de realizadas las iteraciones necesarias para obtener el diseño óptimo.

- La malla tiene un total de 36 electrodos
- La longitud de cada electrodo es de 3.0 m
- El espaciamiento entre conductores es de 2 m

- **PASO 1: DATOS DE CAMPO**

Dimensión de la malla: 10 m x10 m

Área de la malla: 100 m

- **PASO 2: CALIBRE DEL CONDUCTOR**

Para realizar el cálculo de la sección del conductor, es necesario tener en cuenta las características del material que se va a utilizar. A continuación se presenta una tabla con el resumen de las características del cobre recocido:

Calibre: 3/0 AWG

Área $3/0 = 85,02 \text{ mm}^2$

$$I_G \text{ kA} = A \text{ mm}^2 \cdot \sqrt{\left(\frac{\text{TCAP} \cdot 10^{-4}}{t_c \cdot \alpha_r \cdot \rho_r}\right) \cdot \ln\left(\frac{K_0 + T_m}{K_0 + T_a}\right)}$$

Dónde:

I = Corriente rms en kA

$A \text{ mm}^2$ = Sección transversal del conductor en mm^2 .

T_m = Temperatura máxima permisible en °C.

T_a = Temperatura ambiente en °C.

T_r = Temperatura de referencia para las constantes del material en °C.

α_0 = Coeficiente térmico de la resistividad a 0 1C, en 1/°C.

α_r = Coeficiente térmico de la resistividad a la temperatura de referencia

ρ_r = Resistividad del conductor a tierra a la temperatura de referencia

$K_0 = 1/\alpha_0$ o $(1/\alpha_r) - T_r$, en °C.

t_c = Duración de la corriente en s.

TCAP = Capacidad térmica por unidad de volumen, en $J/(cm^3 * °C)$

Conductor de la malla a tierra	Cobre recocido	Denom.
Conductividad %	100	
Coeficiente térmico de resistividad a 20 °C en 1/°C	0,00393	α_r
Ko a 0 °C en °C	234	K_0
Temperatura de fusión °C	1083	T_m
Resistividad del conductor de tierra a 20 °C	1.72	ρ_r
Factor de capacidad térmica (TCAP)	3,42	TCAP

Tabla 138. Los Autores. Constantes de los Materiales

$$I_G \text{ kA} = 85.02 \sqrt{\left(\frac{3.42 * 10^{-4}}{(0.5)(0.00393)(1.72)}\right) * \ln\left(\frac{234 + 1083}{234 + 28}\right)}$$

$$I_G = 34,3672 \text{ kA}$$

- **PASO 3: CÁLCULO DE LAS TENSIONES DE PASO Y DE CONTACTO**

A continuación se mostrará la forma de obtener las tensiones de paso y de contacto.

Se comienza calculando C_s , correspondiente al factor de reducción:

$$C_s = 1 - \frac{0,09\left(1 - \frac{\rho}{\rho_s}\right)}{2 \cdot h_s + 0,09} = 1 - \frac{0,09\left(1 - \frac{50,4}{3000}\right)}{(2)(0,1 + 0,09)} = 0,6949$$

Tensión de paso y contacto para una persona de (50 Kg)

$$E_{paso} = (1000 + 6 \cdot C_s \cdot \rho_s) \cdot \frac{0,116}{\sqrt{t_s}} = (1000 + (6)(0,6949)(3000)) \cdot \frac{0,116}{\sqrt{0,5}}$$

$$= 2216,0036 \text{ V}$$

$$E_{contacto} = (1000 + 1,5 \cdot C_s \cdot \rho_s) \cdot \frac{0,116}{\sqrt{t_s}} = (1000 + (1,5)(0,6949)(3000)) * \frac{0,116}{\sqrt{0,5}}$$

$$E_{contacto} = 677,0375 \text{ V}$$

- **PASO 4: DISEÑO PRELIMINAR**

D = Separación de conductores paralelos = 2 m

Número de electrodos = 36

Longitud de los electrodos = 3 m

Dónde:

LC=Longitud total del conductor en la malla Horizontal en m.

LR=Longitud total de todas las varillas a tierra en m

LP =Longitud del perímetro de la malla en m.

A= Área de la malla en m².

Lx=Longitud máxima de la malla en la dirección x en m.

Ly=Longitud máxima de la malla en la dirección y en m.

Dm= Distancia máxima entre dos puntos sobre la malla en m.

D= Espaciamiento entre conductores paralelos en m.

h= Profundidad de los conductores de la malla de tierra en m.

d= Diámetro de los conductores de la malla en m.

IG=Corriente máxima por la malla en A.

$$A = \frac{L_X}{D} + 1$$

$$L = \frac{L_Y}{D} + 1$$

$$A = \frac{10}{2} + 1 = 6$$

$$L = \frac{10}{2} + 1 = 6$$

$$L_C = A \cdot L_X + L \cdot L_Y = (6)(10) + (6)(10) = 120 \text{ m}$$

$$L_R = (36)(3) = 108 \text{ m}$$

$$L_T = L_R + L_C = 120 + 108 = 228 \text{ m}$$

- **PASO 5: CÁLCULO DE LA RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA**

Teniendo en cuenta los siguientes parámetros encontrados:

Área: 100 m²

$$R_g = \rho \cdot \left[\frac{1}{L_T} + \frac{1}{\sqrt{20 * A}} * \left(1 + \frac{1}{1 + h \sqrt{\frac{20}{A}}} \right) \right]$$

$$= 50,4 * \left[\frac{1}{228} + \frac{1}{\sqrt{20 * 100}} * \left(1 + \frac{1}{1 + 0,5 * \sqrt{\frac{20}{100}}} \right) \right] = 2,2691 \Omega$$

- **PASO 6: CÁLCULO DE LA MAXIMA CORRIENTE POR LA MALLA**

Corriente que circulará por la malla:

$$I_G = F_S \cdot I_{FALLA} \cdot D_F = (1)(0,15)(34367,2) = 5155,08 A$$

Dónde:

F_S = Factor divisor de la corriente

D_F = Factor de decremento

- **PASO 7: GPR POTENCIAL DE MALLA A TIERRA**

$$GPR = I_G * R_G = 5155,08 * 2,2691 = 11697,392 V$$

- **PASO 8: CÁLCULO DE LA TENSIÓN DE MALLA**

Longitud del perímetro: 40 m

$$n_a = \frac{2 \cdot L_C}{L_p} = \frac{(2)(120)}{40} = 6$$

$$n_b = \sqrt{\frac{L_p}{4 \cdot \sqrt{A}}} = \sqrt{\frac{40}{4 \cdot \sqrt{100}}} = 1$$

$$n_c = 1$$

$$n_d = 1$$

$$n = n_a \cdot n_b \cdot n_c \cdot n_d = (6)(1)(1)(1) = 6$$

$$k_h = \sqrt{1 + \frac{h}{h_0}} = \sqrt{1 + \frac{0.5}{1}} = 1.2247$$

Dónde:

h_0 = Referencia de profundidad de la malla = 1 m

$$k_i = 0.644 + 0.148 * n = 0.644 + 0.148 * 6 = 1.532$$

$$k_{ii} = 1$$

$$k_m = \frac{1}{2 * \pi} \left[\ln \left(\frac{D^2}{16 * h * d} + \frac{(D + 2h)^2}{8 * d * D} - \frac{h}{4 * d} \right) + \frac{K_{ii}}{Kh} * \ln \left(\frac{8}{\pi * (2n - 1)} \right) \right]$$

$$k_m = \frac{1}{2 * \pi} \left[\ln \left(\frac{2^2}{16 * 0,5 * 10,4044 * 10^{-3}} + \frac{(2 + 2 * 0,5)^2}{8 * 10,4044 * 10^{-3} * 2} - \frac{0,5}{4 * 10,4044 * 10^{-3}} \right) + \frac{1}{1,2247} * \ln \left(\frac{8}{\pi * (2 * 6 - 1)} \right) \right] = 0,5262$$

A continuación se presenta el cálculo de la tensión de malla:

$$L_m = L_c + \left[1,55 + 1,22 \left(\frac{D}{\sqrt{L_x^2 + L_y^2}} \right) \right] * L_R$$

$$L_m = 120 + \left[1,55 + 1,22 \left(\frac{3}{\sqrt{10^2 + 10^2}} \right) \right] * 108 = 315,3505 \text{ m}$$

$$E_{MALLA} = \frac{\rho * K_m * K_i * I_G}{L_m} = \frac{50,4 * 0,5262 * 1,532 * 5155,08}{315,3505} = 664,1742 [V] < E_{contacto}$$

La tensión de paso puede calcularse a partir:

$$k_s = \frac{1}{\pi} * \left[\frac{1}{2 * h} + \frac{1}{D + h} + \frac{1}{D} (1 - 0,5^{(n-2)}) \right] = \frac{1}{\pi} * \left[\frac{1}{2 * 0,5} + \frac{1}{2 + 0,5} + \frac{1}{2} (1 - 0,5^{(6-2)}) \right]$$

$$= 0,5948$$

$$L_s = 0,75 * L_c + 0,85 * L_r = 0,75 * 120 + 0,85 * 108 = 181,8$$

$$E_{PASO} = \frac{\rho * K_s * K_i * I_G}{L_s} = \frac{50,4 * 0,5948 * 1,532 * 5155,08}{181,8} = 1302,2723 V$$

- **PASO 9:** TENSIÓN DE MALLA E_m vs TENSIÓN DE CONTACTO ($E_{contacto}$):

la tensión de malla calculada es menor que la tensión de contacto tolerable (664,1742 V contra 677,0375 V) estamos listos para llegar al paso 10

- **PASO 10:** Es vs. Epaso

La tensión (E_s) calculada está por debajo de la tensión de paso tolerable determinada en el paso 3. Estos es, 1302,2723 V es menor que 2216 V.

Se observa que las tensiones de paso y de contacto, son inferiores a los valores máximos que puede soportar una persona con un peso de 50 Kg, lo que garantiza que le diseño cumple las condiciones.

6.5 ANÁLISIS DE RIESGOS POR DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

Al realizar el rediseño de una instalación eléctrica es de suma importancia proteger y salvaguardar la vida de los trabajadores o personas que se encuentren en el recinto a rediseñar, por tanto se debe elaborar un cuidadoso análisis de los riesgos a los que pueden estar sometidos; el objetivo del análisis de riesgos por descargas atmosféricas es conocer si es necesario implementar un sistema de apantallamiento de la estructura o si al riesgo al que están expuestas las personas es tolerable.

Este análisis se realiza bajo la norma NTC 4552-2 de 2008 [12]; a continuación se enuncian algunos parámetros importantes utilizados en la realización del análisis.

PARÁMETRO	OBSERVACIÓN	SIMBOLO	VALOR
Dimensiones m	Largo	L	48,3
	Ancho	W	18,3
	Alto	H	6
Longitud de la acometida subterránea	m	Lc	38,8
Altura de la estructura de donde proviene la acometida de servicio	m	Ha	12
Altura del punto de la estructura por donde ingresa la acometida de servicio	m	Hb	0
Densidad de descargas a tierra	<i>Rayos/Km²/año</i>	DDT	1
Resistividad del terreno	$\Omega.Km$	ρ	50,4
Ancho de la malla	m	w	0
Tensión disruptiva al impulso	<i>kV</i>	U_w	1,5

Factor de localización	Estructura rodeada de objetos o arboles de igual o menor altura	Cd	0,5
Factor Ambiental	Suburbano, Edificaciones menores a 10 m de altura	Ce	0,5
Factor de corrección por presencia de transformador	Transformador con devanado primario y secundario desacoplados eléctricamente	Ct	0,2

Tabla 139. Los Autores. Parámetros para el análisis de riesgo por descargas atmosféricas.

CÁLCULOS

PROMEDIO ANUAL DE DESCARGAS (N_D)

$$N_D = DDT \cdot A_d \cdot C_d (10^{-6})$$

DDT: Densidad de descargas a tierras Rayos/Km²/año

A_d: Area efectiva de la estructura aislada m²

C_d: Factor de influencia por localización de la estructura

Tomado de la norma NTC 4552-2 [12] Pág. 26, Tabla 10.

$$A_d = LW + 6H \cdot (L + W) + 9\pi \cdot H^2$$

$$A_d = (48,3)(18,3) + 6(6)(48,3 + 18,3) + 9\pi \cdot (6)^2 = 4299,366 \text{ m}^2$$

$$N_D = DDT \cdot A_d \cdot C_d (10^{-6})$$

$$N_D = (1)(42299,366)(0,5)(10^{-6}) = 0,00214968$$

PROMEDIO ANUAL DE DESCARGAS CERCANAS A LA ESTRUCTURA (N_M)

$$N_M = DDT [(A_m - (A_{d/b})(C_{d/b})] (10^{-6})$$

DDT: Densidad de descargas a tierra Rayos/Km²/año

A_m: Area de influencia de la estructura m²

Tomado de la norma NTC 4552-2 [12] Pág. 29, Figura 9.

A_{d/b}: Area efectiva de la estructura m²

C_{d/b}: Factor de influencia de la localización relativa de la estructura

Tomado de la norma NTC 4552-2 [12] Pág. 26, Tabla 10.

$$A_m = (L + 250)(W + 250)$$

$$A_m = (48,3 + 250)(18,3 + 250) = 80033,89 \text{ m}^2$$

$$A_d = LW + 6H.(L + W) + 9\pi.H^2$$

$$A_d = (48,3)(18,3) + 6(6)(48,3 + 18,3) + 9\pi.(6)^2 = 4299,366 \text{ m}^2$$

$$N_M = DDT[(A_m - (A_{d/b})(C_{d/b}))](10^{-6})$$

$$N_M = (1)[(80033,89 - (4299,366)(0,5))](10^{-6}) = 0,077884207$$

Si $N_M < 0$, debe asumirse en la evaluación $N_M = 0$

Tomado de la norma NTC 4552-2 [12] Pág. 29.

PROMEDIO ANUAL DE DESCARGAS SOBRE LAS ACOMETIDAS DE SERVICIOS (N_L)

$$N_L = (DDT.A_i.C_d.C_t)(10^{-6})$$

DDT: Densidad de descargas a tierras Rayos/Km²/año

A_i : Area efectiva de descargas al servicio m^2

Tomado de la norma NTC 4552-2 [12] Pág. 30, Tabla 12.

C_d : Factor de localización del servicio.

Tomado de la norma NTC 4552-2 [12] Pág. 26, Tabla 10.

C_t : Factor de corrección por presencia de transformadores de AT/BT

Tomado de la norma NTC 4552-2[12] Pág. 29, Tabla 11.

Característica del servicio: Subterránea

$$A_i = [L_c - 3(H_a + H_b)] \cdot \sqrt{\rho}$$

L_c : Longitud de la acometida subterránea m

H_a : Altura de la estructura de donde proviene la acometida de servicio m

H_b : Altura del punto de la estructura por donde ingresa la acometida de servicio m

$$A_i = [L_c - 3(H_a + H_b)] \cdot \sqrt{\rho}$$

$$A_i = [38,8 - 3(12 + 0)] \cdot \sqrt{50,4} = 19,878 \text{ m}^2$$

$$N_L = (DDT \cdot A_i \cdot C_d \cdot C_t)(10^{-6})$$

$$N_L = (1)(19,878)(0,5)(0,2)(10^{-6}) = 1,9878(10^{-6})$$

PROMEDIO ANUAL DE DESCARGAS CERCANAS A LAS ACOMETIDAS DE SERVICIO (N_i)

$$N_i = (DDT \cdot A_i \cdot C_e \cdot C_t)(10^{-6})$$

DDT: Densidad de descargas a tierras Rayos/ $Km^2/año$

A_i: Area efectiva de descargas al servicio m^2

Tomado de la norma NTC 4552-2 [12] Pág. 30, Tabla 12. y Figura 9.

C_e: Factor ambiental

Tomado de la norma NTC 4552-2 [12] Pág. 31, Tabla 13.

C_t: Factor de corrección por presencia de transformadores de AT/BT

Tomado de la norma NTC 4552-2 [12] Pág. 29, Tabla 11.

$$A_i = 25 \cdot L_c \cdot \sqrt{\rho}$$

L_c: Longitud de la acometida subterránea m

$$A_i = 25 \cdot L_c \cdot \sqrt{\rho}$$

$$A_i = 25(44,6) \cdot \sqrt{50,4} = 7915,7148 \text{ m}^2$$

$$N_i = (DDT \cdot A_i \cdot C_e \cdot C_t)(10^{-6})$$

$$N_i = (1)(7915,7148)(0,5)(0,2)(10^{-6}) = 791,5715(10^{-6})$$

PROBABILIDAD DE DAÑO P_x

Probabilidad de daño P_A

Tomado de la norma NTC 4552-2 [12] Pág. 32, Tabla 14.

Sin medidas de protección $P_A = 1$

Probabilidad de daño P_B

Tomado de la norma NTC 4552-2 [12] Pág. 32, Tabla 15.

Estructura no protegida $P_B = 1$

Probabilidad de daño P_c

Tomado de la norma NTC 4552-2 [12] Pág. 33, Tabla 16.

Sin sistema coordinado de protección $P_c = 1$

PROBABILIDAD DE DAÑO P_M

La probabilidad de daño P_M , se determina de acuerdo con el factor K_{MS}

$$K_{MS} = K_{S1} \cdot K_{S2} \cdot K_{S3} \cdot K_{S4}$$

K_{S1} : Factor de eficacia del apantamiento de la estructura del sistema de protección externo

K_{S2} : Factor de eficacia del apantamiento interno de la estructura

K_{S3} : Factor de características del cableado interno

K_{S4} : Factor de soportabilidad al impulso tipo rayo del sistema a proteger

$$K_{S1} = K_{S2} = 0,12 \cdot w$$

$$K_{S1} = K_{S2} = (0,12)(0) = 0$$

w = Ancho de la malla o los conductores bajantes

Cables sin pantalla – Con precaución de evitar lazos en la ruta $K_{S3} = 0,02$

$$K_{S4} = \frac{1,5}{U_w}$$

U_w = Es el menor valor de la tensión soportable al impulso tipo rayo en [kV]

$$K_{S4} = 1$$

$$K_{MS} = K_{S1} \cdot K_{S2} \cdot K_{S3} \cdot K_{S4}$$

$$K_{MS} = (1,2)(1,2)(0,02)(1) = 0,0288$$

$$P_M = 0,01$$

Tomado de la norma NTC 4552-2 [12] Pág. 34, Tabla 18.

PROBABILIDAD DE DAÑO P_U

Tomado de la norma NTC 4552-2 [12] Pág. 35, Tabla 19.

$$P_U = 1$$

PROBABILIDAD DE DAÑO P_V

Tomado de la norma NTC 4552-2 [12] Pág. 35, Tabla 19.

$$P_V = 1$$

PROBABILIDAD DE DAÑO P_W

Tomado de la norma NTC 4552-2 [12] Pág. 35, Tabla 19.

$$P_W = 1$$

PROBABILIDAD DE DAÑO P_Z

Tomado de la norma NTC 4552-2 [12] Pág. 36, Tabla 20.

$$P_Z = 0,15$$

EVALUACION DE LAS CANTIDADES DE PÉRDIDAS

PÉRDIDAS DE VIDAS HUMANAS L_1

LESIONES A SERES VIVOS POR TENSIONES DE PASO Y CONTACTO L_x

Tomado de la norma NTC 4552-2 [12] Pág. 41, Tabla 26.

Todos los tipos – Personas dentro de la estructura $L_t = 10^{-4}$

Hospitales, hoteles, edificios civiles $L_f = 10^{-1}$

Hospitales $L_0 = L_C = L_M = L_W = L_Z = 10^{-3}$

PÉRDIDA DE VIDAS HUMANAS POR TENSIONES DE PASO Y CONTACTO FUERA DE LA ESTRUCTURA (L_A)

$$L_A = r_a \cdot L_t$$

$L_t =$ Pérdidas debido a lesiones por tensiones de paso y contacto fuera de la estructura

Tomado de la norma NTC 4552-2 [12] Pág. 41, Tabla 26.

$r_a =$ Factor reductor de pérdida de vidas por características del suelo o terreno

Tomado de la norma NTC 4552-2 [12] Pág. 41, Tabla 27.

Todos los tipos – Personas dentro de la estructura $L_t = 10^{-4}$

Mármol, cerámica $r_a = 10^{-3}$

$$L_A = r_a \cdot L_t$$

$$L_A = (10^{-3})(10^{-4}) = 10^{-6}$$

PÉRDIDA DE VIDAS HUMANAS POR FUEGO O EXPLOSIONES DENTRO DE LA ESTRUCTURA POR ARCO ELÉCTRICO POR IMPACTO SOBRE LA ESTRUCTURA (L_B)

$$L_B = r_p \cdot h_z \cdot r_f \cdot L_f$$

$L_f =$ Pérdidas de vidas humanas por daños físicos

Tomado de la norma NTC 4552-2 [12] Pág. 41, Tabla 26.

$r_p =$ Factor reductor de pérdida debida a daños físicos el cual depende de medidas de protección tomadas para reducir las consecuencias de incendio.

Tomado de la norma NTC 4552-2 [12] Pág. 42, Tabla 28.

$r_f =$ Factor reductor de pérdida debida a daños físicos el cual depende del riesgo de fuego de la estructura.

Tomado de la norma NTC 4552-2 [12] Pág. 43, Tabla 29.

$h_z =$ Factor de incremento de pérdida debida a daños físicos por presencia de condiciones especiales preligrosas.

Tomado de la norma NTC 4552-2 [12] Pág. 43, Tabla 30

Hospitales, hoteles, edificios civiles $L_f = 10^{-1}$

Una de las siguientes prevenciones: Extintores manuales, instalaciones de alarma manual, hidrantes, compartimientos contra fuego, rutas de evacuación $r_p = 0,5$

Ordinario $r_f = 10^{-2}$

Nivel bajo de pánico (Edificación de dos pisos para eventos con un número no mayor a 100 personas) $h_z = 2$

$$L_B = r_p \cdot h_z \cdot r_f \cdot L_f$$

$$L_B = (0,5)(2)(10^{-2})(10^{-1}) = 10^{-3}$$

PÉRDIDA DE VIDAS HUMANAS POR TENSIONES DE CONTACTO DENTRO DE LA ESTRUCTURA (L_U)

$$L_U = r_u \cdot L_t$$

$L_t =$ Pérdidas debido a lesiones por tensiones de paso y contacto fuera de la estructura

Tomado de la norma NTC 4552-2 [12] Pág. 41, Tabla 26.

$r_u =$ Factor reductor de pérdida de vidas humanas por características constructivas del piso

Tomado de la norma NTC 4552-2 [12] Pág. 41, Tabla 27.

Todos los tipos – Personas dentro de la estructura $L_t = 10^{-4}$

Mármol, cerámica $r_u = 10^{-3}$

$$L_U = r_u \cdot L_t$$

$$L_U = (10^{-3})(10^{-4}) = 10^{-7}$$

PÉRDIDA DE VIDAS HUMANAS POR DAÑOS FÍSICOS A CAUSA DE DESCARGAS EN ACOMETIDA DE SERVICIOS (L_V)

$$L_V = r_p \cdot h_z \cdot r_f \cdot L_f$$

$L_f =$ Pérdidas de vidas humanas por daños físicos

Tomado de la norma NTC 4552-2[12] Pág. 41, Tabla 26.

r_p = Factor reductor de pérdida debida a daños físicos el cual depende de medidas de protección tomadas para reducir las consecuencias de incendio.

Tomado de la norma NTC 4552-2 [12] Pág. 42, Tabla 28.

r_f = Factor reductor de pérdida debida a daños físicos el cual depende del riesgo de fuego de la estructura.

Tomado de la norma NTC 4552-2 [12] Pág. 43, Tabla 29.

h_z = Factor de incremento de pérdida debida a daños físicos por presencia de condiciones especiales preligrosas.

Tomado de la norma NTC 4552-2 [12] Pág. 43, Tabla 30

Hospitales, hoteles, edificios civiles $L_f = 10^{-1}$

Una de las siguientes prevenciones: Extintores manuales, instalaciones de alarma manual, hidrantes, compartimientos contra fuego, rutas de evacuación $r_p = 0,5$

Ordinario $r_f = 10^{-2}$

Nivel bajo de pánico (Edificación de dos pisos para eventos con un número no mayor a 100 personas) $h_z = 2$

$$L_V = r_p \cdot h_z \cdot r_f \cdot L_f$$

$$L_V = (0,5)(2)(10^{-2})(10^{-1}) = 10^{-3}$$

**PÉRDIDA DE VIDAS HUMANAS POR FALLA DE SISTEMAS INTERNOS IER
(IMPULSO ELECTROMAGNETICO DEL RAYO) IMPULSO
ELECTROMAGNETICO DEL RAYO A CAUSA DE DESCARGAS EN LA
ESTRUCTURA (L_C)**

Hospitales $L_0 = L_C = 10^{-3}$

Tomado de la norma NTC 4552-2 [12] Pág. 41, Tabla 26.

**PÉRDIDA DE VIDAS HUMANAS POR FALTA DE SISTEMAS INTERNOS IER, A
CAUSA DE DESCARGAS PROXIMAS A LA ESTRUCTUTA (L_M)**

Hospitales $L_0 = L_M = 10^{-3}$

Tomado de la norma NTC 4552-2 [12] Pág. 41, Tabla 26.

**PÉRDIDA DE VIDAS HUMANAS POR FALTA DE SISTEMAS INTERNOS IER,
A CAUSA DE DESCARGAS SOBRE LA ACOMETIDA DE SERVICIO (L_w)**

Hospitales $L_0 = L_w = 10^{-3}$

Tomado de la norma NTC 4552-2 [12] Pág. 41, Tabla 26.

PÉRDIDA DE VIDAS HUMANAS POR FALTA DE SISTEMAS INTERNOS IER, A CAUSA DE DESCARGAS CERCANAS A LA ACOMETIDA DE SERVICIO (L_z)

Hospitales $L_0 = L_z = 10^{-3}$

Tomado de la norma NTC 4552-2 [12] Pág. 41, Tabla 26

CÁLCULO DE LAS COMPONENTES DE RIESGO

$$R_A = N_D \cdot P_A \cdot L_A$$

$$R_A = (0,00214968)(1)(10^{-6}) = 2,14968(10^{-9})$$

$$R_B = N_D \cdot P_B \cdot L_B$$

$$R_B = (0,00214968)(1)(10^{-3}) = 2,14968(10^{-6})$$

$$R_C = N_D \cdot P_C \cdot L_C$$

$$R_C = (0,00214968)(1)(10^{-3}) = 2,14968(10^{-6})$$

$$R_M = N_M \cdot P_M \cdot L_M$$

$$R_M = (0)(1)(10^{-3}) = 0$$

$$R_U = (N_L + N_{Da}) \cdot P_U \cdot L_U$$

$$R_U = (1,9878(10^{-6}) + 0)(1)(10^{-7}) = 1,9878(10^{-13})$$

$$R_V = (N_L + N_{Da}) \cdot P_V \cdot L_V$$

$$R_V = (1,9878(10^{-6}) + 0)(1)(10^{-3}) = 1,9878(10^{-9})$$

$$R_W = (N_L + N_{Da}) \cdot P_W \cdot L_W$$

$$R_W = (1,9878(10^{-6}) + 0)(1)(10^{-3}) = 1,9878(10^{-9})$$

$$R_Z = (N_L + N_{Da}) \cdot P_Z \cdot L_Z$$

$$R_Z = (1,9878(10^{-6}) + 0)(0,15)(10^{-3}) = 2,9817(10^{-10})$$

La componente de riesgo total R_T es la suma de todas las componentes de riesgo:

COMPONENTES DE RIESGO	VALOR
R_A	$2,14968(10^{-9})$
R_B	$2,14968(10^{-6})$
R_C	$2,14968(10^{-6})$
R_M	0
R_U	$1,9878(10^{-13})$
R_V	$1,9878(10^{-9})$
R_W	$1,9878(10^{-9})$
R_Z	$2,9817(10^{-10})$
$R_T = \sum R_X$	$4,3058(10^{-6})$

Tabla 140. Los Autores. Componentes de riesgo

Definido por la norma NTC 4552-2 [12] en la página 16 el riesgo tolerable es 10^{-5} , por tal motivo no es necesario implementar un sistema de apantallamiento, ya que el nivel de riesgos de las personas es mínimo.

7. CONCLUSIONES Y OBSERVACIONES

Las siguientes observaciones y conclusiones se deberán tener en cuenta en cualquiera de los casos en el que se requiera realizar alguna modificación a las redes eléctricas del edificio, las cuales le apuntan a garantizar la seguridad de las personas y a lograr una eficiencia y flexibilidad en el sistema.

En todos los tableros de uso final se debe realizar nuevamente la distribución de los circuitos ramales de tal forma que los circuitos de iluminación y tomas queden por separado y se puedan balancear las cargas de una mejor manera en cada una de las fases.

PRIMER PISO

Tablero TA

- Se deben reemplazar los calibres de la acometida #6 AWG THW Cu (Fases y Neutro) por los siguientes: #8 AWG THW Cu (Fases y Neutro) y #10 AWG TH Cu (Tierra).
- Se debe cambiar el diámetro de la ductería PVC Rígido de 2" por la siguiente: Ducto en PVC Rígido de 1".
- Se debe colocar un interruptor automático de 3*30 A en el tablero, de tal forma que permita la desenergización de todas las cargas asociadas al mismo.

Tablero TB

- Se deben reemplazar los calibres de la acometida #6 AWG THW Cu (Fases y Neutro) por los siguientes: #4 AWG THW Cu (Fases y Neutro) y #10 AWG TH Cu (Tierra).
- Se debe cambiar el diámetro de la ductería PVC Rígido de 2" por la siguiente: Ducto en PVC Rígido de 1".
- Se debe colocar un interruptor automático de 3*40 A en el tablero, de tal forma que permita la desenergización de todas las cargas asociadas al mismo.

Tablero TC

- Se debe colocar un conductor de tierra #10 AWG TH Cu.
- Se debe cambiar el diámetro de la ductería PVC Rígido de 2" por la siguiente: Ducto en PVC Rígido de 1 ¼".
- Se debe colocar un interruptor automático de 3*50 A en el tablero, de tal forma que permita la desenergización de todas las cargas asociadas al mismo.

Tablero TD

- Se debe colocar un conductor de tierra #10 AWG TH Cu.
- Se debe cambiar el diámetro de la ductería por la siguiente: Ducto en PVC Rígido de 1 ¼”.
- Se debe colocar un interruptor automático de 3*30 A en el tablero, de tal forma que permita la desenergización de todas las cargas asociadas al mismo.

Tablero TE

- Se deben reemplazar los calibres de la acometida #12 AWG TW Cu (Fases y Neutro) por los siguientes: #6 AWG THW Cu (Fases y Neutro) y #10 AWG TH Cu (Tierra).
- Se debe cambiar el diámetro de la ductería PVC Rígido de 1/2” por la siguiente: Ducto en PVC Rígido de 1”.
- Se debe cambiar el interruptor automático por uno 2*40 A, de tal forma que permita la desenergización de todas las cargas asociadas al mismo.

Tablero TF

- Se debe reemplazar la acometida Bifásica de calibre #6 AWG TW Cu (Fases y Neutro) por una Trifásica que contengan los siguientes calibres: 1/0 AWG THW Cu (Fases y Neutro) y #10 AWG TH Cu (Tierra).

- Se debe cambiar el diámetro de la ductería PVC Rígido de 1" por la siguiente: Ducto en PVC Rígido de 2".
- Se debe colocar un interruptor automático de 3*75 A en el tablero, de tal forma que permita la desenergización de todas las cargas asociadas al mismo.

Tablero TG

- Se debe reemplazar el calibre de la Tierra de la acometida por #10 AWG TH Cu.
- Se debe cambiar el interruptor automático por uno de 2*40 A, de tal forma que permita la desenergización de todas las cargas asociadas al mismo.

Tablero TH

- Se debe colocar un conductor de Tierra en la acometida de calibre #8 AWG TH Cu.
- Se debe colocar un interruptor automático de 3*90 A en el tablero, de tal forma que permita la desenergización de todas las cargas asociadas al mismo.

SEGUNDO PISO

Tablero TW

- El tablero de distribución se debe cambiar de posición y ubicarse en el lugar tal y como se indica en los planos del rediseño y debe tener una capacidad para 12 circuitos.
- Se deben reemplazar los calibres de la acometida #6 AWG THW Cu (Fases) por los siguientes: #6 AWG THW Cu (Fases y Neutro) y #10 AWG THW Cu (Tierra).
- Se debe cambiar el diámetro de la ductería PVC Rígido de 3/4" por la siguiente: Ducto en PVC Rígido de 1 ¼".
- Se debe colocar un interruptor automático de 3*30 A en el tablero, de tal forma que permita la desenergización de todas las cargas asociadas al mismo.

Tablero TX

- La acometida de alimentación del tablero debe provenir del Tablero General en Baja Tensión TGBJ con su respectivo interruptor automático.
- Se deben reemplazar los calibres de la acometida #10 AWG TW Cu (Fase y Neutro) por los siguientes: #6 AWG THW Cu (Fases y Neutro) y #10 AWG THW Cu (Tierra).
- Se debe cambiar el diámetro de la ductería PVC Rígido de 3/4" por la siguiente: Ducto en PVC Rígido de 1 ¼".

- Se debe colocar un interruptor automático de 3*30 A en el tablero, de tal forma que permita la desenergización de todas las cargas asociadas al mismo.

Tablero TY

- Se deben reemplazar los calibres de la acometida #8 AWG THW Cu (Fase y Neutro) por los siguientes: #6 AWG THW Cu (Fases y Neutro) y #10 AWG THW Cu (Tierra).
- Se debe cambiar el diámetro de la ductería PVC Rígido de 2" por la siguiente: Ducto en PVC Rígido de 1 ¼".
- Se debe colocar un interruptor automático de 3*40 A en el tablero, de tal forma que permita la desenergización de todas las cargas asociadas al mismo.

Tablero TZ

- Se deben reemplazar los calibre de la acometida #8 AWG THW Cu (Fase y Neutro) por los siguientes: #4 AWG THW Cu (Fases) y #10 AWG THW Cu (Tierra).
- Se debe colocar un interruptor automático de 3*60 A en el tablero, de tal forma que permita la desenergización de todas las cargas asociadas al mismo.

Los cambios efectuados en las protecciones, calibres del conductor y ductería de los circuitos ramales, se presentan en los cuadros de carga y en el diagrama unifilar correspondiente. Por lo tanto, estas modificaciones deben ser realizadas

con el fin de evitar posibles fallas en el sistema que conlleven a situaciones lamentables.

Todos los tomacorrientes situados en lugares húmedos deben tener protección diferencial.

Los sistemas de alimentación ininterrumpida (UPS) deben estar alimentados por la red a través de los tomacorrientes destinados para tal fin, y se debe asegurar que la corriente nominal de la UPS no sobrepase la corriente permitida por dicho circuito.

Se recomienda realizar mantenimiento preventivo al sistema de iluminación cada 6 meses, especialmente en zonas como: salas de espera, escaleras, bodegas y parqueadero en donde los niveles de polución son más altos.

Debido a que los niveles de iluminación en la instalación eléctrica actual son deficientes, todos los Fluorescentes deben ser cambiados por Tubo T8 y Balasto Electrónico de 32 W.

Se deben instalar luminarias exteriores de descarga de alta intensidad accionadas por un Fotocontrol.

Se deben instalar luminarias de emergencia en pasillos y rutas de evacuación así como también en los lugares donde se requiere un nivel de iluminación constante, tal y como se muestran en los planos de iluminación.

Se deben ubicar señales de evacuación fotolumicentes en las rutas de evacuación, entradas y salidas, de tal forma que las personas puedan fácilmente ubicar los obstáculos e identificar los lugares de riesgo.

Debido a que el Tablero General en Baja Tensión se encuentra en el mismo lugar donde está el vestier de los vigilantes, se requiere que dicho lugar sea despejado y se dé cumplimiento a las normas de seguridad, de tal forma que el personal no calificado quede expuesto a sufrir accidentes por contacto directo o alguna falla en

el sistema de suministro eléctrico, además se debe demarcar el lugar con señales de advertencia que indiquen riesgo eléctrico.

El rediseño de las instalaciones eléctricas de la Cruz Roja Seccional Santander garantizan el cumplimiento y exigencias establecidas en las normas eléctricas colombianas e internacionales tales como: la Norma Técnica Colombiana NTC 2050, Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas- RETIE [4], la norma para cálculo y diseño de sistemas de distribución de la ESSA [2], la IESNA Lighting Handbook [13] y la IEEE80.

El presente proyecto en modalidad de práctica social, y en convenio de la Universidad Industrial de Santander con la Cruz Roja Colombiana Seccional Santander, representa un aporte a la sociedad en general y contribuye al desarrollo de la región, de tal forma que cada vez más personas puedan acceder a un servicio eficiente, seguro y óptimo.

Durante el desarrollo del proyecto, los integrantes involucrados adquirieron habilidades tales como: trabajo en equipo y toma de decisiones, lo cual permitió poner en práctica los conocimientos aprendidos durante el proceso académico y contribuyó al desarrollo profesional e intelectual de cada uno.

8. REFERENCIAS

- [1] Reglamento técnico de iluminación y alumbrado público-RETILAP/ Resolución 180540 Marzo de 2010.
- [2] Norma para el Cálculo y Diseño de Sistemas de Distribución ESSA/ comité de normas 204-205.
- [3] Aplicaciones Tecnológicas S.A/ Nicolás Copérnico/ Paterna-Valencia/ importancia de una toma a tierra adecuada.pdf.
- [4] Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas-RETIE/ Resolución 181294 Agosto de 2008.
- [5] Casas Ospina, Favio. Tierras: Soporte de la Seguridad Eléctrica.
- [6] Código Eléctrico Colombiano NTC 2050/ /ICONTEC 2002 primera actualización
- [7] <http://es.scribd.com/doc/25950076/Luxómetro>
- [8] Paco Bolinch / Diapositivas Telurómetro 2009/
www.slideshare.net/paco.bolinch/telurmetro
- [9] Manual de Instrucciones / Rastreadores de Circuitos Sure Test.
- [10] Manual de Instrucciones/ Analizador de Redes Eléctricas y Armónicos Power Visa
- [11] Software libre DIALux/ Versión 4.10
- [12] Norma técnica colombiana NTC 4552-2/Protección contra descargas eléctricas atmosféricas (Rayos), Parte 2: Manejo del riesgos/ ICONTEC 2008

[13] Lighting Handbook / Illuminating Engineering Society of North America
IESNA/ Novena Edición.

ANEXOS

Anexo A. Cálculo del transformador y la acometida

Para el cálculo del transformador se considera la carga total instalada y los factores de demanda y diversidad.

En la tabla 220-1 y 220-13 de la NTC 2050 [6], se presentan los factores de demanda para cargas de alumbrado y tomacorrientes respectivamente.

Tipo de ocupación	Parte de la carga de alumbrado a la que se aplica el factor de demanda VA	Factor de demanda %
Unidades de vivienda	Primeros 3.000 o menos	100
	De 3.001 a 120.000	35
	A partir de 120.000	25
Hospitales	Primeros 50.000 o menos	40
	A partir de 50.000	20
Hoteles y moteles, incluidos bloques de apartamentos sin cocina	Primeros 20.000 o menos	50
	De 20.0001 a 100.000	40
	A partir de 100.000	30
Depósitos	Primero 12.500 o menos	100
	A partir de 12.500	50
Todos los demás	VA totales	100

Tabla 141. Factores de Demanda Cargas de Alumbrado

PARTE DE LA DEL TOMACORRIENTE A LA QUE SE APLICA EL FACTOR DE DEMANDA VA	FACTOR DE DEMANDA %
Primeros 10.000 VA o menos	100
A partir de 10.000 VA	50

Tabla 142. Factores de Demanda Cargas de Tomacorrientes

Debido a que los aires acondicionados son cargas con funcionamiento continuo, se toma la carga total de los aires al 100%, para alumbrado y tomacorrientes se consideran los siguientes factores de demanda obtenidos de las Tablas 141 y 142:

TIPO DE CARGA	CARGA INSTALADA VA	FACTOR DE DEMANDA
Aires Acondicionados	38500	100%
Tomacorrientes	102290	Primeros 10000 VA al 100%. A partir de 10000 VA al 50%
Alumbrado	24120	100%

Tabla 143. Factores de Demanda para Cargas en Estudio

A continuación se calcula el factor de diversidad con N= 12:

$$F_{div} = \frac{1}{0.3 + 0.7 * e^{\left(\frac{1-N}{4.5}\right)}} = 2,772$$

Se calcula ahora la demanda máxima usando la siguiente ecuación:

$$D_{max} = \frac{38500 + 10000 + (102290 - 10000) * 0.5 + 24120}{22.772} = 42.84 \text{ kVA}$$

Por lo tanto, se observa que el transformador existente de 45 kVA puede mantenerse y será capaz de alimentar la demanda máxima requerida.

Una vez obtenida la demanda máxima, se calcula el calibre del conductor como sigue:

$$I_{cond} = \left(\frac{D_{max}}{\sqrt{3} \cdot 220}\right) (1.25) = \left(\frac{42\ 840}{\sqrt{3} \cdot 220}\right) (1.25) = 140.56 \text{ A}$$

$$I_{total} = \left(\frac{I_{cond}}{N \cdot F_m \cdot F_\theta} \right) = \left(\frac{140.56}{(1)(1)(0.94)} \right) = 149.53 \text{ A}$$

Dónde:

N: Número de conductores por fase

F_m = Factor de Multiplicidad

F_θ = Factor por Temperatura

Preliminarmente el calibre del conductor sería 2/0 AWG THW Cu.

Se calcula ahora la Regulación de Tensión con la siguiente expresión:

$$\delta\% = \frac{KG \cdot F_c \cdot S \cdot l}{Vl^2}$$

Dónde:

δ% = Porcentaje de regulación de tensión

KG = Constante de regulación del conductor

S = Demanda máxima kVA

l = Longitud del conductor m

Vl = Tensión de Línea V

F_c = Factor de corrección para el tipo de acometida

Con regulación de tensión del 2% y un F_c = 1 para una acometida trifásica tetrafililar, se obtiene el KG despejado de la ecuación anterior:

$$Kg = \frac{\delta\% \cdot Vl^2}{F_c \cdot S \cdot l} = \frac{(2\%)(220^2)}{(1)(42.84)(43.4)} = 52.063$$

Se selecciona un conductor con un KG menor o igual a 52.063 con un factor de potencia de 0.9. El conductor que cumple es 1/0 AWG THW Cu. Hallamos por lo tanto la regulación y se obtiene lo siguiente:

$$\delta\% (1/0) = \frac{(38.1696)(1)(42.84)(43.4)}{220^2} = 1.46 \%$$

Debido a que el calibre 1/0 AWG THW Cu cumple con la regulación de tensión, pero no con la capacidad de corriente, se selecciona el conductor 2/0 AWG THW Cu, para el cual se calcula la regulación de tensión como sigue:

$$\delta\% (2/0) = \frac{(31.1578)(1)(42.84)(43.4)}{220^2} = 1.2\%$$

Finalmente se concluye que la acometida posee un calibre 2/0 AWG THW Cu, una protección de 3*150 A.

Anexo B. Cálculo de la ductería y cajas de inspección

Considerando el calibre del conductor neutro igual al calibre de las fases, se calcula el diámetro de la ductería como sigue:

Dónde:

Dt = Diámetro del Ducto

Dc= Diámetro del calibre del conductor

Se seleccionaría por lo tanto un ducto en PVC rígido de 2", pero debido a que el diámetro del ducto existente es 3", se considera este último.

Seguidamente se calcula la cámara en L:

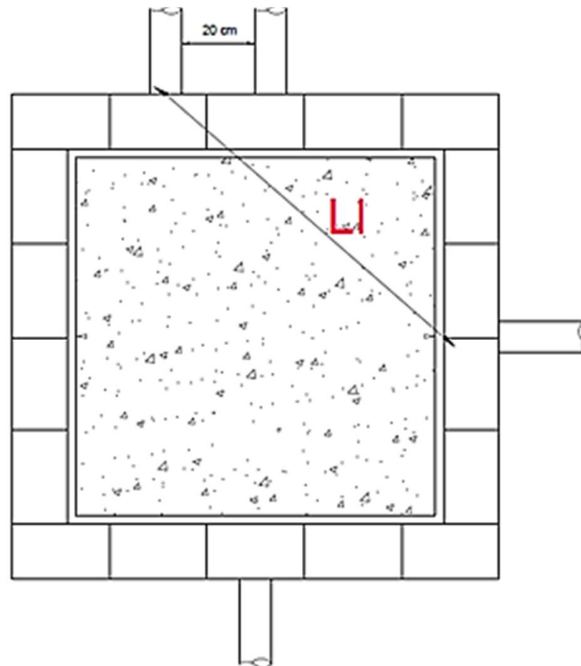


Figura 31. Caja de inspección

Dónde:

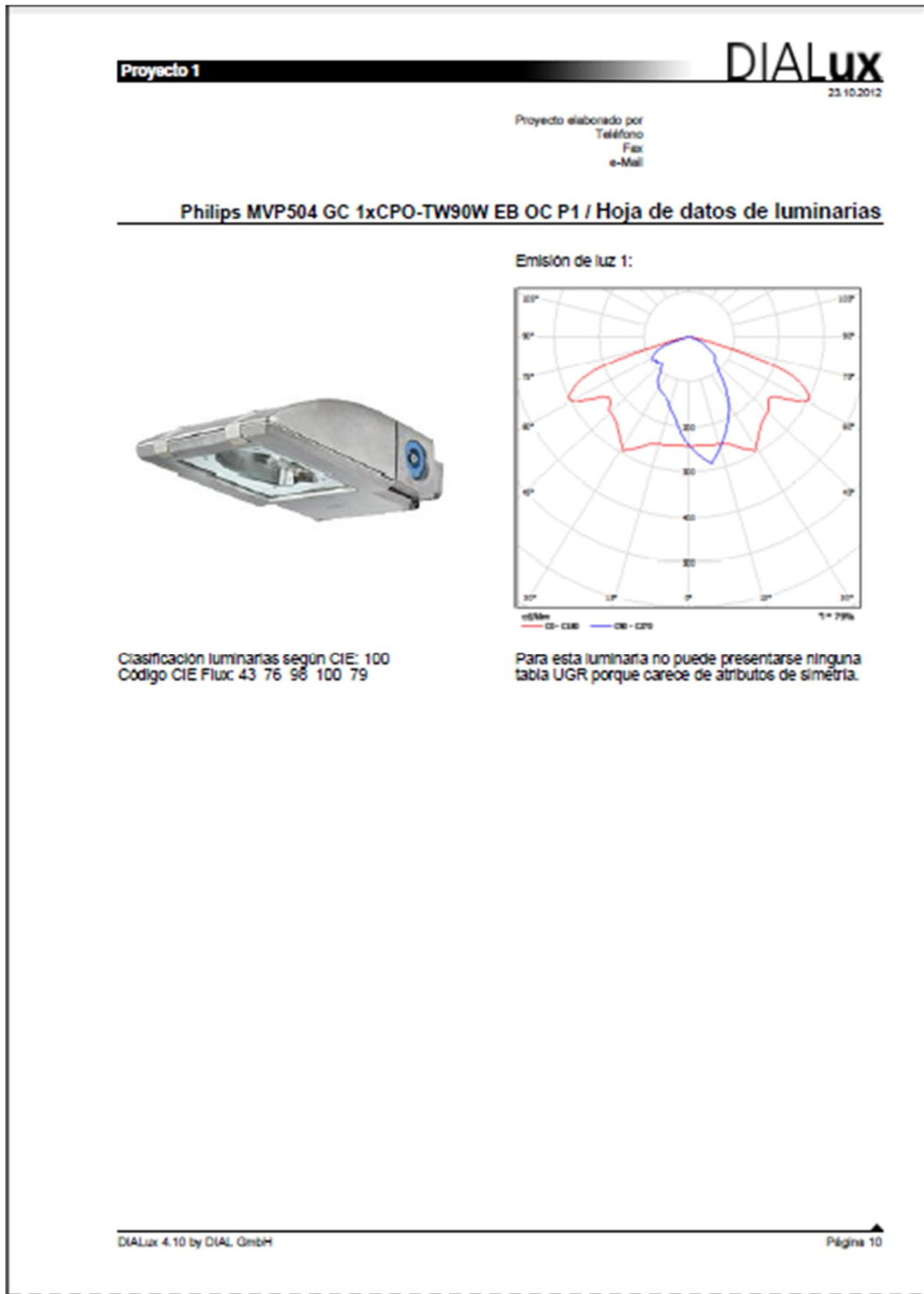
LI= Longitud de la cámara calculada

dtmax = Diámetro del ducto más grande en cm

n = Número de ductos en una fila

Una vez obtenido el resultado, se selecciona una cámara de 90*90*90 cm

Anexo C. Características de la luminaria exterior



Anexo D. Resultados de iluminación exterior en DIALux [11]

Proyecto 1

DIALux

23.10.2012

Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Escena exterior 1 / Trama de cálculo 4 / Gráfico de valores (E, perpendicular)



Valores en Lux, Escala 1 : 354

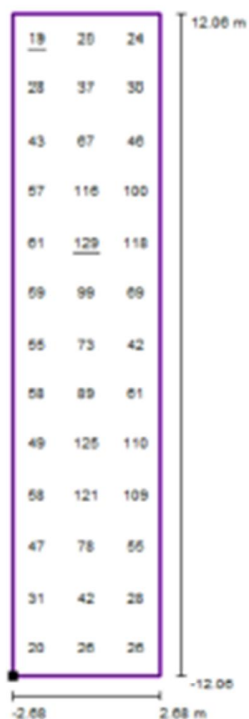
Situación de la superficie en la
escena exterior:
Punto marcado: (-24.250 m,
9.150 m, 0.200 m)



Trama: 17 x 1 Puntos

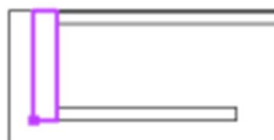
E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
115	30	188	0.26	0.16

Escena exterior 1 / Trama de cálculo 5 / Gráfico de valores (E, perpendicular)



Valores en Lux, Escala 1 : 194

Situación de la superficie en la escena exterior:
Punto marcado: (-29.600 m, -11.900 m, 0.200 m)



Trama: 3 x 13 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
62	19	129	0.30	0.15

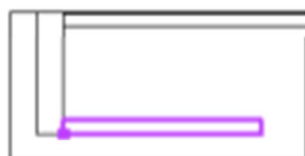
Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Escena exterior 1 / Trama de cálculo 6 / Gráfico de valores (E, perpendicular)



Valores en Lux, Escala 1 : 268

Situación de la superficie en la
escena exterior:
Punto marcado: (-24.250 m, -
11.900 m, 0.200 m)



Trama: 15 x 1 Puntos

E_m [lx]
112

E_{min} [lx]
28

E_{max} [lx]
204

E_{min} / E_m
0.25

E_{min} / E_{max}
0.14

Anexo E. Descripción del fotocontrol electrónico



DATOS TÉCNICOS

	LINEA VIA PUBLICA FT-03
Tensión de servicio	145 V. a 250 V.
Corriente máxima de carga	10 A.
Temperatura de trabajo	-30 °C a +60 °C
Intensidad luminosa de conexión	10 lux +/- 30%
Intensidad luminosa de desconexión	50 lux +/- 30%
Retardo en la conexión	20 seg.
Demora en la conexión	10 seg.
Vida útil	Superior a 6000 operaciones
Posee varistor para protección contra sobre tensiones transitorias	
Compensado térmicamente	
Carcasa protectora resistente al granizo, niebla salina y humedad. No alterable por rayos ultravioletas	
Alta resistencia a vibraciones y golpes	

Diagrama de conexión FT-03



	LINEA HOGARENA FT-04
Tensión de servicio	185 V. a 245 V.
Corriente máxima de carga	6 A

Diagramas de conexión FT-04



www.cosmel.com.ar
info@cosmel.com.ar
00 54 11 4756-3521 (líneas rotativas)

Anexo F. Características luminarias de emergencia



Serie G5

Bloques autónomos de alumbrado de emergencia y accesorios



Descripción:

El equipo de iluminación de emergencia con fluorescente de alta luminosidad, difusor transparente y dos leds de señalización de carga.

Puede ser instalado en pared, cielo raso o falso techo con accesorio de empotrar.

Se puede adherir un sticker Legrand sobre el difusor de forma tal que su uso sea de señalización.

Normas:

- Fabricadas según normas Europeas de obligado cumplimiento: UNE-EN 6056.2.22, UNE 20 062-93 (Inc) y UNE 20392-93 (Fluo), NBE CPI 95.
- Producto cumple NTP-IEC 60598-2-22.

Características Eléctricas:

- Tensión: 230 Voltios +/- 10%
- Frecuencia: 50/60 Hz.
- Autonomía: 1 hora.
- Índice de Protección: IP 42 IK 04
- Batería: Ni-Cd de alta temperatura.
- Vida útil de batería: 4 años u 800 ciclos de carga y descarga.
- Tiempo de carga de batería: 4 años u 800 ciclos de carga y descarga.
- Tiempo de carga de batería: 24 horas.
- Protección: Mediante dispositivo electrónico automático (sin fusible).
- Aislamiento: Clase II.
- Entrada de energía: Con bornes protegidos contra conexión accidental (no necesita tomacorriente).
- Material de envoltorio: Reciclable, autoextinguible y resistente a superficies inflamables.
- Difusor: Policarbonato transparente.
- Testigos de carga: Mediante 2 leds de señalización de alta luminosidad (100.000 horas o 12 años de vida).
- Dimensiones: 365 x 150 x 59 mm.
- Uso de telemando para: Puesta en reposo y recargado con ausencia de tensión.

Características Técnicas:

Referencia	Lúmenes	Lámpara	Autonomía (*)
61731	210	1x8 W	1 h
61732	155	1x8 W	3 h
61734	500	1x11 W	1 h

*Para señalización usar el código 61731, más el código 61782

Repuestos:

Ref.	Descripción
61034	Batería Ni-Cd 4.8 Vcc - 1.5 Ah para ref. 61731, 61736 y 61746
61730	Batería Ni-Cd 8.4 Vcc - 1.5 Ah para ref. 61732, 61737 y 61747
60041	Fluorescente 8 W de alta luminosidad

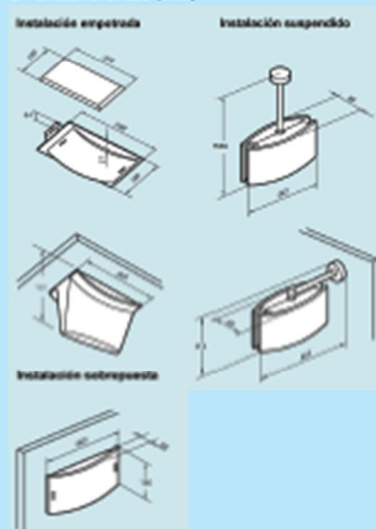
Mantenimiento:

- Test bimestral, originar encendido de las lámparas mediante la desconexión del circuito de 220V, esto para verificar estado de batería, esperar que el fluorescente se apague.

Montaje:

1. Fijación sin enchufe ni tomacorriente, cuenta con borne alimentación No vulnerable.

G5 DIMENSIONES (mm)



Serie G5

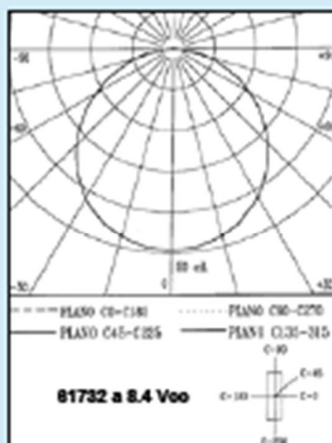
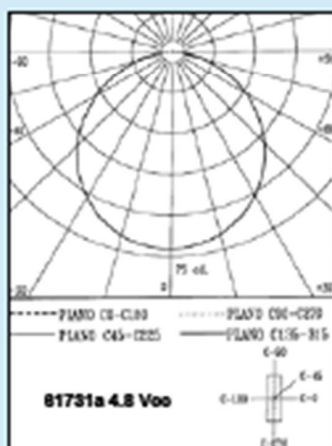
Bloques autónomos de alumbrado de emergencia



Emb. Ref. Accesorios

Emb.	Ref.	Accesorios
1	617 82	Difusor Prismático Permite fijar las luminarias como alumbrado de señalización con las etiquetas a doble cara, sin perder la función de iluminación de seguridad. Sustituye al difusor suministrado con la luminaria.
		Caja de semiempotrar Para semiempotrar las luminarias de la serie G5 en pared, falso techo o tabiques prefabricados de espesores entre 5 y 35 mm. 4 acabados diferentes que nos permiten armonizar a luminaria de emergencia con la decoración. Anclaje de la luminaria por simple presión o por 2 tornillos (no suministrados). Hueco recomendado para semiempotrar 344 x 128 mm
1	617 83	Caja de semiempotrar color blanco
1	617 84	Caja de semiempotrar color acero
1	617 85	Caja de semiempotrar color aluminio
1	617 86	Caja de semiempotrar color arena
1	617 91	Fijación en suspensión Permite fijar la luminaria combinada 617 47 suspendida a 40 cm del techo. Accesorio metálico color cromado
1	617 92	Fijación en banderola Permite fijar la luminaria combinada 617 47 en banderola. Accesorio metálico color cromado

G6 Estudios fotométricos



Anexo G. Fotos del estado actual de la instalación eléctrica

