

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**



**PROYECTO DE GRADO**

**RELEVAMIENTO Y MEJORAMIENTO DEL SERVICIO ELÉCTRICO DEL  
HOSPITAL MATERNO INFANTIL DE LA CAJA NACIONAL DE SALUD**

**Tutor: Ing. Mirko Darío Parada Guiteras**

**Postulante: Egresado Cleto Marcelo Laura Ulo**

**La Paz – Bolivia**

**2020**



**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS  
FACULTAD DE INGENIERIA**



**LA FACULTAD DE INGENIERIA DE LA UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS AUTORIZA EL USO DE LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO SI LOS PROPÓSITOS SON ESTRICTAMENTE ACADÉMICOS.**

**LICENCIA DE USO**

El usuario está autorizado a:

- a) Visualizar el documento mediante el uso de un ordenador o dispositivo móvil.
- b) Copiar, almacenar o imprimir si ha de ser de uso exclusivamente personal y privado.
- c) Copiar textualmente parte(s) de su contenido mencionando la fuente y/o haciendo la cita o referencia correspondiente en apego a las normas de redacción e investigación.

El usuario no puede publicar, distribuir o realizar emisión o exhibición alguna de este material, sin la autorización correspondiente.

**TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS. EL USO NO AUTORIZADO DE LOS CONTENIDOS PUBLICADOS EN ESTE SITIO DERIVARA EN EL INICIO DE ACCIONES LEGALES CONTEMPLADAS EN LA LEY DE DERECHOS DE AUTOR.**

## **DEDICATORIA**

*A mis padres Julia y Genaro, por haberme forjado como persona que soy en la actualidad; muchos de mis logros se los debo a ustedes. Les doy las gracias por sus consejos, su apoyo incondicional y su paciencia, todo lo que soy se los debo es a ustedes.*

*A mis hermanos Ronald y Celia, por su paciencia y su apoyo en todo momento.*

*A mi compañera de vida Donna, por todo su amor y paciencia por acompañarme en todo momento desde que nos conocimos.*

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por la vida de mis padres y porque cada día bendice mi vida.

A mi Colegio Nacional German Busch de la ciudad de La Paz, quienes forjaron en mi educación y mis ganas de ser competitivo en la vida.

A la Universidad Mayor de San Andrés por haberme acogido en sus aulas.

A mis docentes, personas de gran sabiduría quienes se esfuerzan por ayudar al estudiante para que adquieran los conocimientos necesarios para la vida profesional.

A mis compañeros y amigos de la universidad por habernos apoyado y acompañado en nuestra vida universitaria.

A mis maestros de la vida. Ing. Jorge Gutiérrez Tejerina, Ing. Mauricio Wilde Bacigalupo, Ing. Carla Cañipa Palacios, Ing. Frank Velasco, Ing. Javier Zamora Michel, Ing. Carlos Méndez, Arq. Mirtha Bustamante García, Ing. Iván Arancibia, Ing. Zhaolj Ing. Oscar Rodríguez Cabello. Por su confianza y consejos que fueron muy valiosos para forjarme como profesional eléctrico.

A mi Tutor el Ing. Mirko Parada, por la paciencia y tiempo que me dedico para que este proyecto de grado salga adelante.

A todos ellos gracias por todo.

## **RESUMEN**

Este proyecto de grado nace a partir de la necesidad de la CNS de contar con documentos técnicos, que ayuden al mantenimiento, ampliación y modificación del sistema eléctrico existente. El proyecto consta de 5 etapas donde; en la etapa N°1 se realiza el informe técnico de condiciones previas, el levantamiento de datos y toma de medidas de los parámetros eléctricos en baja tensión, en la etapa N°2 se procedió a la generación de documentos técnicos requeridos como ser: planos y diagramas unifilares, así como los cálculos eléctricos necesarios con los que se verificó el dimensionamiento de los elementos, partes y materiales eléctricos que intervienen actualmente en el funcionamiento del sistema eléctrico, por otro lado en la etapa N°3 se efectúa la selección de normas eléctricas nacionales principalmente la NB777, en la etapa N°4 se generaron las propuestas técnicas para resolver los problemas emergentes detectados que ayudaran al mejoramiento de la operación del nosocomio para que finalmente en la etapa N°5 se exponga un anteproyecto de evaluación técnica de los resultados y del impacto del proyecto en el presente estudio .

## ABSTRACT

This degree project arises from the need for the CNS to have technical documents that help with the maintenance, expansion and modification of the existing electrical system. The project consists of 5 stages where; In stage N ° 1 the technical report of preconditions, data collection and taking measurements of the electrical parameters in low voltage are carried out, in stage N ° 2 the required technical documents were generated such as: drawings and single-line diagrams, as well as the electrical necessary with which the dimensioning of the electrical elements, parts and materials that are currently involved in the operation of the electrical system was verified, on the other hand in stage N ° 3 the selection of electrical standards is made national, mainly NB777, in stage N ° 4 the technical proposals were generated to solve the emerging problems detected that will help to improve the operation of the hospital so that finally in stage N ° 5 a preliminary draft of the technical evaluation of the results and the impact of the project in the present study.

# ÍNDICE

CAPÍTULO 1 .....	1
1.1 INTRODUCCIÓN .....	1
1.2 ANTECEDENTES .....	2
1.2 METODOLOGÍA .....	4
1.2.1 METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN .....	4
1.2.2 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS .....	4
1.2.2.1 Observación .....	4
1.2.2.2 Fotografías .....	4
1.2.2.3 Entrevista .....	4
1.2.2.4 Revisión documental .....	5
1.3 OBJETIVO GENERAL .....	5
1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	5
1.5 JUSTIFICACIÓN .....	5
1.6 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA .....	6
1.6.1. ALCANCE DEL PROYECTO .....	6
1. CAPÍTULO 2 .....	7
MARCO TEÓRICO .....	7
2.1 DEFINICIÓN DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA .....	7
2.1.1 INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN HOSPITALES .....	7
Criterios para el diseño de una instalación eléctrica hospitalaria .....	8
2.2 INSTALACIONES HOSPITALARIAS SEGÚN LA NORMA BOLIVIANA NB 777 .....	8
2.2.1 CAMPO DE APLICACIÓN .....	8
2.2.2 DEFINICIONES Y TERMINOLOGÍA .....	8
2.2.2.1 Conceptos Básicos Hospitalarios .....	8
2.2.2.2 Definición De Términos Básicos Eléctricos .....	11
2.2.3 CLASIFICACIÓN DE LOS TIPOS DE AMBIENTES .....	13
2.2.3.1 Salas del grupo de aplicación 0 .....	13
2.2.3.2 Salas del grupo de aplicación 1 .....	14
2.2.3.3 Salas del grupo de aplicación 2 .....	14
2.2.3.4 Grupos de salas .....	14
2.2.4 REQUERIMIENTOS RESPECTO A LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN GENERAL .....	14
2.2.4.1 Ubicación de los tableros .....	14
2.2.4.2 Equipos eléctricos .....	15
2.2.4.3 Tableros de distribución .....	15
2.2.4.4 Requisitos para la alimentación de energía .....	16
2.2.4.5 Alimentación de energía eléctrica en salas de grupo de aplicación 2 .....	16
2.2.5 CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN EN CADA UNO DE LOS AMBIENTES O GRUPOS DE APLICACIÓN .....	19
2.2.5.1 Circuitos en la red IT de salas del grupo de aplicación 2 .....	19
2.2.5.2 Circuitos de iluminación .....	20
2.2.5.3 Circuitos de motores .....	20
2.2.5.4 Línea de alimentación a equipos de extinción de incendios .....	20
2.2.6 SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE EMERGENCIA .....	21
2.2.6.1 Suministro de energía eléctrica de emergencia con un tiempo de conmutación de hasta 15 s .....	21
2.2.6.2 Suministro de energía eléctrica de emergencia con un tiempo de conmutación de más de 15 s .....	22
2.2.6.3 Suministro de energía eléctrica de emergencia con un tiempo de conmutación de hasta 0,5 s .....	23

2.2.6.4 Requisitos generales para las fuentes de energía eléctrica de emergencia .....	23
<b>2. CAPÍTULO 3.....</b>	<b>26</b>
<b>3.1 ETAPA 1 .....</b>	<b>26</b>
3.1.2 RELEVAMIENTO DEL LUGAR DE TRABAJO.....	26
<b>3.2 ETAPA 2 .....</b>	<b>27</b>
3.2.1 IDENTIFICACIÓN DE PROBLEMAS EN LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA .....	27
<b>3.3 ETAPA 3 .....</b>	<b>28</b>
3.3.1 APLICACIÓN DE NORMAS ELÉCTRICAS PARA LA CORRECCIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA .....	28
<b>3.4 ETAPA 4 .....</b>	<b>29</b>
3.4.1 PROPUESTA PARA EL MEJORAMIENTO DEL SISTEMA ELÉCTRICO.....	29
<b>3.5 ETAPA 5 .....</b>	<b>30</b>
3.5.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	30
3.5.2 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	30
<b>3. CAPÍTULO 4.....</b>	<b>31</b>
<b>4.1 ETAPA 1: RELEVAMIENTO DEL LUGAR DE TRABAJO .....</b>	<b>31</b>
4.1.1 RELEVAMIENTO DE CIRCUITOS DE ILUMINACIÓN, TOMACORRIENTES Y PUNTOS DE FUERZA. ....	31
4.1.2 RELEVAMIENTO DE TABLEROS.....	32
4.1.2.1 Tableros de distribución de aplicación 0 .....	33
4.1.2.2 Tableros de distribución de aplicación 1 .....	34
4.1.2.3 Tablero de distribución de aplicación 2 .....	36
4.1.2.4 Tablero principales .....	37
4.1.3 RELEVAMIENTO DE TRANSFORMADORES, SALA DE GENERADORES .....	38
4.1.4 CALCULO DE LAS POTENCIAS SEGÚN NB 777.....	38
4.1.4.1 Calculo de la potencia demandada del tablero para el cálculo del alimentador. ....	41
4.1.4.2 Calculo de la potencia demandada para el cálculo del alimentador principal, generador y transformador .....	41
4.1.5 CÁLCULO DE CONDUCTORES PARA TABLEROS DE DISTRIBUCIÓN.....	42
4.1.5.1 Calculo de conductores por el criterio de capacidad de conducción.....	42
4.1.5.2 Calculo de conductores por el criterio de caída de tensión .....	46
4.1.6 CALCULO TEORICO DEL GRUPO GENERADOR .....	49
4.1.7 CALCULO TEORICO DEL TRANSFORMADOR .....	50
4.1.8 CALCULO TEORICO DEL UPS.....	52
4.1.9 CÁLCULO TEORICO DE PROTECCIONES .....	53
4.1.10 CÁLCULO DE CORTOCIRCUITOS Y SELECTIVIDAD ENTRE INTERRUPTORES PRINCIPALES .....	55
4.1.11 TOMA DE MEDIDAS EN TABLEROS Y COMPARACIÓN CON LOS VALORES CALCULADOS. ....	57
4.1.12 TOMA DE MEDICIONES PARA EL ANÁLISIS DE ARMÓNICOS EN LAS SALIDAS DEL TRANSFORMADOR 1 Y 2.....	63
4.1.12.1 Medición de datos en el Transformador 1.....	63
4.1.12.1 Medición de datos en el Transformador 2.....	66
<b>4.2 ETAPA 2: IDENTIFICACIÓN DE PROBLEMAS EN LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA .....</b>	<b>69</b>
4.2.1 DEFICIENCIAS EN TABLEROS ELÉCTRICOS Y EQUIPOS DE ALIMENTACIÓN.....	70
4.2.1.1 Deficiencias en tableros principales .....	70
4.2.1.1 Deficiencias de equipos.....	71
4.2.1.2 Deficiencias en tableros de distribución.....	71
4.2.1.3 Alimentación de energía eléctrica en salas de grupo de aplicación 2.....	75
4.2.2 DEFICIENCIAS EN LA INSTALACIÓN EN CADA UNO DE LOS AMBIENTES O GRUPOS DE APLICACIÓN .....	76
4.2.1.2 Circuitos en la red IT de salas del grupo de aplicación 2 .....	76
4.2.3 DEFICIENCIAS EN EL SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA LAS CORRIENTES PELIGROSAS PARA EL CUERPO HUMANO.....	77
4.2.4 ANÁLISIS DE DEMANDA DE ENERGÍA Y ARMÓNICOS EN LA RED ELÉCTRICA .....	77
4.2.5 SISTEMA DE PUESTA A TIERRA .....	78

<b>4.3 ETAPA 3: APLICACIÓN DE NORMAS ELÉCTRICAS PARA LA CORRECCIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA.....</b>	<b>78</b>
4.3.1 NORMAS ELÉCTRICAS VIGENTES EN EL PAÍS.....	78
4.3.1 DEFICIENCIA A CORREGIR APLICANDO NORMAS.....	79
<b>4.4 ETAPA 4: PROPUESTA PARA EL MEJORAMIENTO DEL SISTEMA ELÉCTRICO.....</b>	<b>79</b>
4.4.1 PROPUESTA 1: DEFICIENCIAS QUE PUEDEN SER RESUELTAS POR PERSONAL ELÉCTRICO DEL HOSPITAL.....	80
4.4.1.1 Propuesta para el mejoramiento de los tableros de distribución.....	80
4.4.2 PROPUESTA 2: DEFICIENCIAS QUE NECESITAN UN REDISEÑO DE INGENIERÍA Y DEBE SER IMPLEMENTADOS POR PERSONAL TÉCNICO ESPECIALIZADO.....	82
4.4.2.1 Propuesta para el mejoramiento de tableros de salas de grupo de aplicación 2 en quirófanos, terapia intensiva, salas de partos y neonatología.....	82
4.4.2.2 Propuesta para el mejoramiento del suministro de energía de emergencia para Salas del grupo de aplicación 2.....	88
4.4.2.3 Propuesta para la instalación de Banco de capacitores debido a la existencia de armónicos.....	89
4.4.2.4 Propuesta para el mejoramiento del sistema de puesta tierra.....	91
Calculo de la resistividad del terreno por el Método de Wenner.....	91
4.4.2.5 Calculo de los sistemas de puesta a tierra para los diferentes servicios.....	95
4.4.2.6 Calculo de la tensión de paso y tensión de contacto.....	103
4.4.2.7 Cálculo de la tensión de contacto.....	106
4.4.2.8 Propuesta para el mejoramiento del sistema de Pararrayos.....	107
4.4.3 LISTA DE MATERIALES PARA EL MEJORAMIENTO DE LA INSTALACION.....	109
4.4.3.1 Análisis de precios unitarios.....	110
4.4.3.2 PRESUPUESTO PARA EL MEJORAMIENTO ELÉCTRICO.....	110
4.4.4 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS MATERIALES.....	110
<b>4.5 ETAPA 5 ANÁLISIS DE RESULTADOS.....</b>	<b>110</b>
<b>4.6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>111</b>
4.6.1 CONCLUSIONES.....	111
4.6.2 RECOMENDACIONES.....	112
<b>4.9 BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>113</b>
<b>ANEXO A PLANOS ELECTRICOS.....</b>	<b>114</b>
<b>ANEXO B IMAGENES TERMOGRAFICAS.....</b>	<b>313</b>
<b>ANEXO C CALCULOS DE CORTOCIRCUITOS Y SELECTIVIDAD.....</b>	<b>333</b>
<b>ANEXO D ANALISIS DE PRECIOS.....</b>	<b>354</b>
<b>ANEXO E ESPECIFICACIONES TECNICAS.....</b>	<b>364</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1. 1</b> ubicación del Hospital Materno Infantil .....	2
<b>Figura 4. 1</b> Analizador de redes EPCOS .....	63
<b>Figura 4. 2</b> Potencia (W) vs tiempo (s) .....	64
<b>Figura 4. 3</b> Potencias (W,VA,VA <sub>r</sub> ) vs tiempo (s) .....	64
<b>Figura 4. 4</b> Cos-phi vs tiempo .....	64
<b>Figura 4. 5</b> Corriente: Valores máximos medidos de THD y armónicos .....	64
<b>Figura 4. 6</b> Tensión: Valores máximos medidos de THD y armónicos .....	65
<b>Figura 4. 7</b> Diseño del banco de capacitores para el tablero TDG1 .....	66
<b>Figura 4. 8</b> Potencia (W) vs tiempo (s) .....	67
<b>Figura 4. 9</b> Potencias (W,VA,VA <sub>r</sub> ) vs tiempo (s) .....	67
<b>Figura 4. 10</b> Cos-phi vs tiempo .....	67
<b>Figura 4. 11</b> Corriente: Valores máximos medidos de THD y armónicos .....	68
<b>Figura 4. 12</b> Tensión: Valores máximos medidos de THD y armónicos .....	68
<b>Figura 4. 13</b> Diseño del banco de capacitores para el tablero TDG2 .....	69
<b>Figura 4. 14</b> Sala de tableros principales .....	70
<b>Figura 4. 15</b> Interior de un tablero principal.....	71
<b>Figura 4. 16</b> Gabinete eléctrico con tableros de aplicación 1 y 0 .....	72
<b>Figura 4.17</b> Registro fotográfico: tablero de distribución tipo .....	73
<b>Figura 4.18</b> Registro fotográfico: Tablero de control de luminarias.....	73
<b>Figura 4.19</b> Registro fotográfico: Tablero con basuras en el interior .....	74
<b>Figura 4.20</b> Registro fotográfico: Tablero de Quirófanos .....	74
<b>Figura 4.21</b> Registro fotográfico: Tablero en completo desorden .....	75
<b>Figura 4. 22</b> Tomacorrientes en salas de terapia intensiva .....	76
<b>Figura 4. 23</b> Tablero de aislación actual en quirófanos.....	77
<b>Figura 4. 24</b> Tablero de aislación .....	83
<b>Figura 4. 25</b> Diseño del banco de capacitores para el tablero TDG1 .....	89
<b>Figura 4. 26</b> Diseño del banco de capacitores para el tablero TDG2 .....	90
<b>Figura 4. 27</b> Filtro activo de armónicos.....	91
<b>Figura 4. 28</b> teluometro kyoritsu 4106 .....	92
<b>Figura 4. 29</b> Direcciones de medición.....	92
<b>Figura 4. 30</b> Grafica obtenida de la medición para diferentes profundidades de electrodos .....	93
<b>Figura 4. 31</b> malla a tierra de 4 jabalinas .....	97
<b>Figura 4. 32</b> malla de tierra de 6 jabalinas.....	101
<b>Figura 4. 33</b> Cuadro comparativo de pararrayos .....	108
<b>Figura 4. 34</b> Lado izquierdo pararrayos tipo PDCE, al lado derecho sistema de pararrayos actual tipo franklin .....	109

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 2. 1</b> Tipos de salas para cada grupo de aplicación .....	17
<b>Tabla 4. 1</b> Tablero de distribución sin respaldo de generador.....	33
<b>Tabla 4. 2</b> Tablero de distribución con respaldo de generador .....	34
<b>Tabla 4. 3</b> Tablero de distribución con respaldo de generador .....	36
<b>Tabla 4. 4</b> Tableros de paso de primer nivel. ....	37
<b>Tabla 4. 5</b> Tableros de paso de segundo nivel. ....	37
<b>Tabla 4. 6</b> Cuadro de carga tipo.....	39
<b>Tabla 4.7</b> Factores de demanda para iluminación en edificios públicos .....	40
<b>Tabla 4. 8</b> Factores de demanda para tomacorrientes en edificios públicos .....	40
<b>Tabla 4.9</b> Tabla de cables induscabos .....	43
<b>Tabla 4.10</b> Calculo de cable por capacidad de conducción .....	44
<b>Tabla 4.11</b> Calculo de cable por capacidad de conducción .....	45
<b>Tabla 4.12</b> Calculo de caídas de tensión.....	47
<b>Tabla 4.13</b> Calculo de caídas de tensión.....	48
<b>Tabla 4.14</b> Cuadro TDG1 Tablero de distribución Grupo 1 .....	49
<b>Tabla 4.15</b> Cuadro TDG2 Tablero de distribución Grupo 2 .....	49
<b>Tabla 4.16</b> Cuadro TPP1 Tablero de distribución .....	50
<b>Tabla 4.17</b> Cuadro TPP2 Tablero de distribución .....	51
<b>Tabla 4. 18</b> Cuadro TPP2 Tablero de distribución .....	51
<b>Tabla 4.19</b> Tablero de quirófanos cesáreas .....	52
<b>Tabla 4.20</b> Tablero de quirófanos.....	52
<b>Tabla 4.21</b> Calculo teórico de protecciones .....	54
<b>Tabla 4.22</b> Calculo teórico de protecciones .....	55
<b>Tabla 4.23</b> Datos de los equipos .....	57
<b>Tabla 4. 24</b> Toma de medidas en tableros de distribución.....	58
<b>Tabla 4. 25</b> Toma de medidas en tableros de distribución.....	59
<b>Tabla 4. 26</b> Comparación de potencia calculada y medida.....	60
<b>Tabla 4. 27</b> Tabla de medida de potencias en tableros principales.....	61
<b>Tabla 4. 28</b> Tabla de medidas para el cálculo de caídas de tensión .....	61
<b>Tabla 4. 29</b> Tabla de medidas para el cálculo de caídas de tensión .....	62
<b>Tabla 4. 30</b> Corriente: Valores máximos medidos de THD y armónicos .....	65
<b>Tabla 4. 31</b> Tensión: Valores máximos medidos de THD y armónicos.....	65
<b>Tabla 4. 32</b> Corriente: Valores máximos medidos de THD y armónicos .....	68
<b>Tabla 4. 33</b> Tensión: Valores máximos medidos de THD y armónicos.....	68
<b>Tabla 4. 34</b> tableros eléctricos del grupo de aplicación 2 .....	76
<b>Tabla 4. 35</b> Deficiencias encontradas.....	79
<b>Tabla 4. 36</b> Deficiencia y propuesta a aplicar .....	80
<b>Tabla 4. 37</b> Equipos eléctricos para una cama de terapia intensiva.....	84
<b>Tabla 4. 38</b> Equipos eléctricos para una cama de terapia intensiva sin la máquina de diálisis .....	85
<b>Tabla 4. 39</b> Equipos eléctricos una cama de partos .....	85
<b>Tabla 4. 40</b> Equipos eléctricos de incubadoras de bebés prematuros .....	86

<b>Tabla 4. 41</b> tabla resumen de tableros de aislación .....	87
<b>Tabla 4. 42</b> Distribución de tableros de aislación en diferentes salas.....	88
<b>Tabla 4. 43</b> tabla de potencias de UPS entregadas a 3600 msnm .....	88
<b>Tabla 4. 44</b> Resultado de la medición del valor de resistencia para una capa homogénea .....	93
<b>Tabla 4. 45</b> Calculo de XM promedio .....	94
<b>Tabla 4. 46</b> cálculo de la sumatoria de la raíz cuadrada .....	94
<b>Tabla 4. 47</b> Resistencia requeridas para los diferentes sistemas.....	95
<b>Tabla 4. 48</b> Características del THOR GEL de la marca para rayos .....	99

# CAPÍTULO 1

## 1.1 INTRODUCCIÓN

La disponibilidad de electricidad en los centros de salud es definitivamente de vital importancia. Donde la falta o ausencia de energía eléctrica, ya sea por cortos lapsos de tiempo, puede tener consecuencias directas en la vida de los pacientes críticos, especialmente en los servicios de quirófanos, unidades de terapia intensiva, recuperación, laboratorio, imagenología y sala de emergencia, entre otros.

Todo centro de salud debe contar con un Sistema de Energía continuo, fiable, seguro y adaptable, teniendo en cuenta que un centro de salud tiene como principio preservar la vida en todo momento. En la actualidad la tecnología nos brinda mayor oportunidad de vida, por lo que podemos aprovechar estas mejoras tecnológicas en centros médicos.

La mayor parte de equipamiento médico dentro de un centro de salud y específicamente en un hospital, funcionan en base a electricidad, tal es el caso:

- Luminaria cialiticas
- Ventiladores
- Esterilizadores
- Ecógrafos
- Tomógrafos
- Resonadores
- Rayos X
- Ultrasonidos
- Cromatógrafo

- Mimógrafos
- Desfibrilador, etc.

Hoy en día la Energía Eléctrica se ha convertido en un servicio indispensable para el diario vivir del ser humano, tanto para la vida personal, como profesional y para poder recibir atención médica pronta y oportuna en centros médicos, por lo que debemos brindar como profesionales electricistas un servicio eléctrico confiable y continuo a un centro médico, como lo que demanda un hospital.

Dentro de esta área como el uso y manejo de la electricidad se puede encontrar diferentes medios de respaldos como ser Sistemas de Energía Ininterrumpida entre los que destacan los UPS y Plantas de generación de Emergencia. que permiten cumplir de mejor manera los preceptos anteriormente dichos.

## 1.2 ANTECEDENTES

El Hospital Materno Infantil se encuentra ubicado en la ciudad de la paz barrio de Miraflores calle Republica Dominicana e Lucas James Nro 1988.

**Figura 1. 1** ubicación del Hospital Materno Infantil



**Fuente:** google earth

Este nosocomio es un Centro de Salud de Tercer Nivel que pertenece al seguro social de la Caja Nacional de Salud, institución descentralizada de derecho público. Este Hospital tiene la especialidad en el cuidado de los recién nacidos y las mujeres gestantes que requieren de atención especializada en cuidados intermedios e intensivos.

El hospital Materno Infantil maneja un sistema centralizado de atención para población asegurada como al público en general que así lo requiera, brindando un servicio y atención para niños que nacen dentro de la población asegurada y del público en general que son transferidos desde otros puntos de salud.

El nosocomio fue inaugurado el 20 de diciembre del año 2000. De características de alta complejidad con capacidad de hasta 212 camas (censables y no censables). En presencia del ex presidente de la República Gral Hugo Banzer Suárez, el Ministro de Salud Guillermo Cuentas, autoridades de la Caja Nacional de Salud (CNS) y representantes del gobierno del Japón, en acto público se dio la inauguración el moderno hospital materno - infantil de la ciudad de La Paz.

A partir de los conocimientos adquiridos en la de la Universidad Mayor de San Andrés facultad de ingeniería y puntualmente en la carrera de ingeniería eléctrica, se ha elaborado un diagnostico situacional, que atreves de un método científico sistematizado con el uso de técnicas, métodos y procedimientos se ha logrado establecer las necesidades en el sistema eléctrico para brindar un óptimo servicio en el hospital materno infantil.

Como producto de una inspección visual, la de observar los reportes de mantenimiento, y el contante funcionamiento anómalo de servicios y circuitos se identifican las siguientes necesidades y observaciones:

- No existe planos As-built ni diagramas unifilares
- Cortes parciales de energía
- Algunos circuitos en sobrecarga
- Contaminación de armónicos
- Tableros fuera de norma
- Salas de aplicación 2 no están bajo norma
- Falta de mantenimiento en generadores y UPSs

## **1.2 METODOLOGÍA**

### **1.2.1 METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN**

El presente trabajo requiere realizar una metodología de investigación desde dos ópticas diferentes:

- **Investigación de Campo:** Se deben recolectar datos de todos los sistemas eléctricos que intervienen en el hospital, como ser iluminación, tomacorrientes, puntos de fuerza, cargas especiales para finalizar con el relevamiento de los tableros de distribución eléctrica y fuentes de alimentación.
- **Investigación teórica:** Se examinarán las normativas vigentes para validar la instalación actual. Para ello se tendrán en cuenta las características de la instalación y el análisis teórico a través de la simulación.

### **1.2.2 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

La recolección de datos de la presente investigación se basa en cuatro técnicas que a continuación se detallan:

#### **1.2.2.1 Observación**

La observación es la base primaria de obtención de datos del objeto de estudio. A partir de la observación se podrán obtener datos que debidamente procesados nos permitirán realizar los planos eléctricos de planta, cuadros de cargas y diagramas unifilares.

#### **1.2.2.2 Fotografías**

De forma análoga a la observación, y como variante de ella, se realizarán fotografías de la zona de estudio. Esta técnica nos permitirá obtener datos que a simple vista son muy difíciles de relevar.

#### **1.2.2.3 Entrevista**

La entrevista nos permitirá obtener información de los trabajadores del lugar. la misma será de gran utilidad para la ver las deficiencias.

#### **1.2.2.4 Revisión documental**

La revisión documental nos permitirá obtener la información básica de diferentes autores y normas, a los fines de poder llevar a cabo la investigación teórica.

### **1.3 OBJETIVO GENERAL**

a) Obtener un levantamiento de datos del sistema eléctrico actual de la infraestructura del hospital materno infantil en baja tensión, analizar, estudiar y establecer propuestas para el mejoramiento del sistema eléctrico del nosocomio.

### **1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- a) Generar planos eléctricos de los circuitos de iluminación, circuitos de tomacorrientes y circuitos de fuerza.
- b) Generar los diagramas unifilares del sistema de distribución eléctrica.
- c) Generar los diagramas unifilares de tableros eléctricos.
- d) Identificar las cargas críticas en función a su aplicación
- e) Detectar las falencias y carencias existentes.
- f) Generar propuestas para el mejoramiento del sistema eléctrico en general.

### **1.5 JUSTIFICACIÓN**

Los hospitales demandan una operación continua y fiable. Por ende, hoy en día los servicios requieren contar con una alta disponibilidad del suministro eléctrico, un corte del mismo podría causar una disminución de asistencia médica pronta y oportuna en capacidades operativas del hospital como ser quirófanos o equipos de asistencia vital, lo que podría desembocar en un escenario muy desfavorable como ser la pérdida de vidas humanas.

EL HOSPITAL MATERNO INFANTIL de la ciudad de LA PAZ no está exento de una anomalía funcional u operacional de su sistema eléctrico, aún más se plantea una

preocupación, ya que el dinamismo hospitalario ha hecho que el sistema eléctrico del edificio se haya modificado por los cambios funcionales de ambientes, de forma no planificada, y esto ha originado problemas de funcionamiento del sistema eléctrico.

Para evaluar los aspectos antes mencionados se procedió a realizar un levantamiento de parámetros y datos referidos al sistema eléctrico actual (en baja tensión) de la infraestructura, con el objeto de realizar un estudio y generar una propuesta de solución que permita corregir posibles fallas o condiciones no deseadas.

## **1.6 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

La falta de planos eléctricos en una edificación tan importante como es el HOSPITAL MATERNO INFANTIL, es un gran problema ya que estos documentos gráficos como ser los planos son de alta trascendencia e importancia para el mantenimiento y crecimiento de nuevas demandas en la instalación eléctrica.

### **1.6.1. ALCANCE DEL PROYECTO**

El proyecto contempla la generación de planos eléctricos y la identificación de posibles deficiencias las cuales generaran recomendaciones para el mejoramiento de la instalación eléctrica.

Se realizará el relevamiento y análisis desde la salida de los transformadores hasta los tableros de distribución de piso quedando fuera de estudio las cargas especiales, ya que estas son objetos de estudio por ser amplias como ser la instalación de quirófanos de las cuales solo se tomarán en cuenta las potencias instaladas y demandadas de estas.

# **1. CAPÍTULO 2**

## **MARCO TEÓRICO**

### **2.1 DEFINICIÓN DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA**

Un circuito eléctrico es el conjunto de elementos y partes que de acuerdo a una composición ayuda a cumplir una función como ser el de suministrar transportar, energía eléctrica.

Los circuitos eléctricos incluye equipos necesarios para asegurar su correcto funcionamiento y la conexión con los aparatos eléctricos correspondientes.

Por lo tanto, una instalación eléctrica es un conjunto de circuitos que de acuerdo a un arreglo adecuado ayudan a cumplir un funcionamiento correcto para el uso y manejo de la electricidad.

#### **2.1.1 INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN HOSPITALES**

Las instalaciones eléctricas de cualquier naturaleza, ya sea residenciales, industriales, comerciales y en este caso las instalaciones hospitalarias, están constituidas por un gran número de dispositivos eléctricos, conectores, materiales y equipos para formar un sistema completo de alambrado, por lo que se deben estudiar los principios básicos relacionados con estos circuitos eléctricos y tener un conocimiento práctico de cada componente.

Los elementos más comunes en las instalaciones eléctricas son: lámparas de alumbrado, conductores cajas de salida herrajes, conectores, apagadores, contactos, etc.

El sistema eléctrico de un hospital debe proporcionar energía fiable y sin perturbaciones las 24 horas del día, los 365 días del año. Y también tienen que ser muy seguras debido a la vulnerabilidad de la salud de los pacientes que están siendo tratados.

En el momento de administrar estas instalaciones debe darse el cumplimiento de las normas técnicas para hospitales, las cuales son claves en la mitigación y control de riesgos

de origen eléctrico, ya que los lineamientos que los componen son soluciones técnicas basadas en la experiencia.

### **Criterios para el diseño de una instalación eléctrica hospitalaria**

Para tener los criterios claros es necesario revisar todos los requisitos que indican la norma NB 777 en el capítulo 14

## **2.2 INSTALACIONES HOSPITALARIAS SEGÚN LA NORMA BOLIVIANA NB 777**

### **2.2.1 CAMPO DE APLICACIÓN**

La norma NB 777 en su más reciente versión, en su capítulo 14, refiere que, para instalaciones hospitalarias, policlínicas, sanatorios, centros de salud y todo otro edificio utilizado para la medicina humana y dental, deben seguir los lineamiento y referencias, que en ellas se establecen. A efectos de evitar posibles riesgos en personas e infraestructuras en el uso y manejo de la electricidad, con especial atención a los pacientes, personal médico, personal operativos y administrativos. En lo particular se deben evitar las corrientes que generan un alto impacto de daño, como ser el de un choque eléctrico ya que al circular por el cuerpo de un ser humano podría traer consecuencias graves, así como también los peligros asociados como por ejemplo la de provocar una chispa o fuente de ignición que podría ocasionar un incendio.

Por lo expuesto, es de vital importancia el cumplimiento de la norma, por lo tanto, las especificaciones de este capítulo y las recomendaciones de los capítulos base que la componen serán de aplicación irrestricta en el presente desarrollo de proyecto.

### **2.2.2 DEFINICIONES Y TERMINOLOGÍA**

#### **2.2.2.1 Conceptos Básicos Hospitalarios**

##### **Hospitales y sanatorios**

Instalaciones con equipos, donde deben diagnosticarse, curarse o aliviarse enfermedades, padecimientos o daños corporales por medio de prestación médica y asistencial, así como también asistencia médica para el parto, y donde las personas a ser atendidas pueden ser asistidas y cuidadas.

### **Puestos y centros de salud**

Instalaciones o partes de instalaciones, donde se examinan y se trata a las personas, pero donde no se las interna, ni alimentan, ni asisten.

### **Vías de salvamento**

Espacios destinados a la circulación sobre terrenos y sectores dentro de las instalaciones que sirven para dejar a salvo a las personas y rescatarlas, así como también para permitir el normal desarrollo de las tareas de extinción de incendios, como sucede por ejemplo con los vanos de las escaleras, con sus escaleras obligatorias y sus vías de comunicación al exterior, pasillos de acceso general, rampas, puertas de salida, cerramientos de seguridad, galerías, balcones para salvamento, túneles para salvamento, como además los caminos externos a las instalaciones que conducen a las superficies públicas de circulación.

Entre los espacios de circulación se cuentan también los caminos de circulación hacia las viviendas y alojamientos de los médicos y el personal de asistencia.

### **Salas de recuperación**

Espacios donde comienza a atenuarse la anestesia del paciente en observación.

### **Salas de internación**

Espacios donde los pacientes están hospitalizados durante su permanencia en hospitales, sanatorios, clínicas o similares y, dado el caso, donde son examinados y tratados con equipos electromédicos.

### **Ambulatorios quirúrgicos**

Salas donde pueden realizarse intervenciones quirúrgicas menores a pacientes ambulatorios.

### **Salas de cuidados intensivos**

Salas donde los pacientes con tratamiento estacionario son conectados a equipos electromédicos para control, y dado el caso también, para la estimulación de acciones corporales.

### **Salas de examen intensivo**

Salas donde las personas son conectadas a unos o varios equipos electromédicos de medición o de control.

### **Salas de operaciones**

Salas donde se llevan a cabo las intervenciones quirúrgicas. Según el tipo y a gravedad de la intervención, se llevan a cabo aquí las analgesias (eliminación de la sensibilidad al dolor) o las anestias (narcosis parciales o totales) y se utilizan los aparatos de control y reanimación, aparatos de rayos X y otros equipos médicos.

### **Salas de preparación para operaciones**

Salas donde se prepara al paciente para la operación, por ejemplo, suministrando anestesia.

### **Consultorios de medicina humana y dental**

Espacios que son utilizados para el examen y tratamiento de los pacientes por médicos con consultorio privado.

### **Salas para terapia física**

Salas donde los pacientes son tratados por medio de equipos con energía eléctrica, mecánica o térmica.

### **Salas para diagnóstico radiológico y tratamiento**

Salas donde se aplican rayos para visualizar el interior del cuerpo humano, y obtener efectos terapéuticos en la superficie y en el interior del mismo.

### 2.2.2.2 Definición De Términos Básicos Eléctricos

Estos términos técnicos son los más utilizados en la instalación eléctrica del hospital.

**Acometida.** Son los conductores y accesorios que conectan cualquier punto de la red de distribución con el punto de suministro o instalación del consumidor.

#### **Alimentación general de energía eléctrica de emergencia**

La instalación eléctrica de emergencia en el sentido de este capítulo está compuesta por las fuentes de energía eléctrica de emergencia, los dispositivos de conmutación correspondientes, los centros de distribución, los circuitos de distribución y consumo, hasta los bornes de conexión de los equipos a alimentar. En el caso de una perturbación de la red general, alimenta por un tiempo determinado los equipos de emergencia necesarios, los equipos médico-técnicos y los equipos imprescindibles para el mantenimiento del servicio del hospital.

#### **Alimentación adicional de energía de emergencia**

Combinación de equipos eléctricos que suministran energía eléctrica durante un tiempo establecido a determinados equipos médico-técnicos en el caso de un corte de la red general y de la alimentación de energía de emergencia simultánea.

**Baja Tensión.** Nivel de tensión igual o inferior a mil (1.000) voltios.

**Aislación.** Conjunto de elementos utilizados en la ejecución de una instalación y construcción de un aparato o equipo y cuya finalidad es evitar el contacto con o entre partes activas.

**Borne o barra principal de tierra.** Borne o barra prevista para la conexión de los dispositivos de puesta a tierra, de los conductores de protección y conductores equipotenciales.

**Caja.** Elemento de material incombustible adecuado para alojar dispositivos, accesorios y conductores de una instalación de interiores.

**Canalización.** Cañería rígida metálica o no metálica, cañería flexible metálica o no metálica, conducto metálico o no metálico, bandeja porta cables metálica o no metálica, con tapa o sin ella, y todo otro elemento normalizado para contener conductores eléctricos,

de telefonía, de video, de alarmas, y de muy bajas tensiones en general, y sus elementos de fijación.

- a) Canalización eléctrica: Canalización conteniendo conductores eléctricos o previstos para ello.
- b) Canalización telefónica: Canalización conteniendo conductores telefónicos o previstos para ello.
- c) Canalización para video: Canalización conteniendo conductores para el sistema de video o prevista para ello.
- d) Canalización para alarmas: Canalización conteniendo conductores para algún sistema de alarmas (robo, incendio, etc.) o prevista para ello.
- e) Canalización para un sistema de cómputos o para la red de computación: Canalización conteniendo conductores para la instalación de computación o prevista para ello.

**Carga.** Es todo aquel artefacto, equipo o instalación cuyo mecanismo u operación requiere del consumo de energía eléctrica para su funcionamiento.

**Conductor.** Hilo metálico, de sección transversal frecuentemente cilíndrica o rectangular, destinada a conducir corriente eléctrica. De acuerdo a su forma constructiva podrá ser designado como alambre, si se trata de una sección circular sólida única, barra si se trata de una sección rectangular o conductor cableado si la sección resultante está formada por varios alambres iguales de sección menor.

**Conductor aislado.** Conductor en el cual su superficie está protegida de los contactos directos mediante una cubierta compuesta de una o más capas concéntricas de material aislante.

**Conductor desnudo.** Conductor en el cual su superficie está expuesta al contacto directo sin protección de ninguna especie.

**Conductor de tierra.** Conductor de protección que conecta el borne o barra principal de tierra con la toma o electrodo de tierra.

**Conductor de neutro (N).** Conductor conectado al punto neutro y destinado a la conducción de energía eléctrica. En ciertos casos y condiciones específicas, las funciones del conductor neutro y el conductor de protección (tierra), pueden ser combinadas en un solo conductor.

**Conector.** Dispositivo destinado a establecer una conexión eléctrica entre dos o más conductores por medio de presión mecánica.

**Disyuntor.** Dispositivo de protección provisto de comando manual y cuya función es desconectar automáticamente una instalación o la parte en falla de ella, por la acción de un elemento termomagnético u otro de características de accionamiento equivalentes, cuando la corriente que circula por ella excede valores preestablecidos durante un tiempo dado.

**Electrodo de tierra.** Son conductores desnudos, enterrados, cuya finalidad es establecer contacto eléctrico con tierra.

#### **Equipos de emergencia necesarios**

Equipos que, en caso de peligro (en especial en caso de incendio), sirven para la seguridad de las personas y deben ser previstos según requisitos de validez general o por códigos de edificación en particular, y requieren una alimentación de energía de emergencia.

**Instalación interior.** Instalación eléctrica construida en el interior de una propiedad o predio.

**Luminaria.** Aparato que está destinado al montaje de una o varias lámparas y sus accesorios cuya función es dirigir controlar, filtrar y transmitir el flujo luminoso.

**Personal calificado.** Personal que está capacitado en el montaje y operación de equipos e instalaciones eléctricas y en los riesgos que en ellos puedan presentarse.

**Protecciones.** Dispositivos destinados a desenergizar un sistema, circuito o artefacto cuando en ellos se alteran las condiciones normales de funcionamiento.

### **2.2.3 CLASIFICACIÓN DE LOS TIPOS DE AMBIENTES**

Como salas de aplicación para uso médico se consideran las salas de medicina humana, que se utilizan de conformidad con las disposiciones, para examinar o tratar a las personas. A los sectores médicos no corresponden, por ejemplo, pasillos y escaleras, salas para el servicio clínico interno, baños comunes en los pisos y sanitarios, compartimentos de ducha en las salas de internación, cocinas y salas de estar.

#### **2.2.3.1 Salas del grupo de aplicación 0**

Son salas para uso médico, donde se asegura, con respecto a la utilización de conformidad

con las disposiciones, que:

- No se emplean aparatos electro médicos
- Durante el tratamiento, los pacientes no entran en contacto con equipos electro médicos.

### **2.2.3.2 Salas del grupo de aplicación 1**

Son salas para uso médico, donde se utilizan equipos electromédicos conectados a la red eléctrica, con los cuales, los pacientes entran en contacto durante el examen o el tratamiento.

Al presentarse un primer contacto a masa o a tierra, o un corte de la red general, puede efectuarse su desconexión, sin que por ello se ponga en peligro a los pacientes.

### **2.2.3.3 Salas del grupo de aplicación 2**

Son salas para uso médico, donde se utilizan equipos electromédicos conectados a la red, que sirven para intervenciones de interés vital.

Al aparecer un primer contacto a masa o a tierra, o un corte de la red general, estos equipos deben poder seguir operando, ya que los exámenes o los tratamientos no pueden interrumpirse y repetirse, sin que impliquen un daño hacia los pacientes.

### **2.2.3.4 Grupos de salas**

Son salas para uso médico que están ligadas entre sí en su función a través de la finalidad médica o de los, equipos electromédicos comunes conforman un grupo de salas.

## **2.2.4 REQUERIMIENTOS RESPECTO A LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN GENERAL**

### **2.2.4.1 Ubicación de los tableros**

Las salas de tableros deben estar separadas por paredes y puertas ignífugas.

Los tableros de emergencia pueden ser montados junto con los tableros de energía principal.

Ambos tableros de distribución principales deben separarse en forma efectiva entre sí para que no se formen arcos eléctricos. Como separación para evitar la formación de arcos, es válida la separación, por ejemplo, por medio de las dos paredes terminales de los tableros de distribución, o por una chapa metálica divisoria de mínimo 2,5 mm de espesor.

#### **2.2.4.2 Equipos eléctricos**

Se deben considerar, para los transformadores con tensiones nominales de más de 1 kV, dispositivos de protección automáticos contra las sobrecargas, así como contra fallas internas y externas.

Se debe disponer el interruptor de alimentación de la red (interruptor / conmutador), ambos (tetrapolares) en el tablero de distribución de energía de emergencia, para no referenciar el neutro del alimentador de emergencia con el neutro de la compañía distribuidora de energía.

#### **2.2.4.3 Tableros de distribución**

Los tableros de distribución deben ser de chapa metálica.

Los tableros de distribución deben estar fuera de las salas de uso médico, y protegidos del acceso a personas no autorizadas.

Para las salas para uso médico del grupo de aplicación 2 se requieren tableros de distribución propios.

Pueden colocarse en un gabinete común con tableros de distribución para salas de uso no médico o de otros grupos de aplicación, cuando estén separados de éstos por una pared intermedia o estén provistos con una cubierta de separación apropiada.

Los tableros para salas del grupo 2, donde se instalan los transformadores de aislación, deben estar lo más cerca posible de dichas salas para minimizar la capacidad distribuida a tierra de los circuitos secundarios aislados.

En un tablero de distribución que alimenta una sala del grupo de aplicación 2, o un grupo de salas del grupo de aplicación 2; se debe tener en cuenta, al construir cada uno de los sectores de la red en el tablero de distribución, que es necesaria una clara separación por medio de distancias dieléctricas.

Para ubicar los sectores de tableros de distribución externos se requiere que, desde allí, se abastezcan dentro de lo posible únicamente las salas o los sectores contiguos, que estén en el mismo sector de fuego.

#### **2.2.4.4 Requisitos para la alimentación de energía.**

En instalaciones eléctricas de potencia con tensiones nominales de hasta 1000 V no deben utilizarse conductores PEN desde el centro de distribución principal del edificio. Es decir, el esquema de conexión de neutro TN-C está prohibido.

#### **2.2.4.5 Alimentación de energía eléctrica en salas de grupo de aplicación 2**

Los equipos electromédicos para intervenciones vitales, se exige una red IT para un abastecimiento seguro.

Estos requisitos rigen para ambientes que se detallan en la tabla 2.1, especialmente para las salas de operaciones, y salas de examen intensivo y de cuidados intensivos.

Los suministros de energía para estos ambientes pueden ser mixtos (energía principal de red y de emergencia) para otros aparatos y equipos electromédicos, como, por ejemplo, para la iluminación general y otros tomacorrientes, para los cuales no es indispensable prever una red IT.

- a) Cada tablero de distribución, o al menos aquellas partes de los tableros de distribución que alimentan los esquemas de neutro aislado (red IT) para abastecer a los equipos médicos esenciales, debe disponer de dos líneas de alimentación independientes.
- b) Cuando se alimente un tablero de distribución o una sección del tablero de distribución desde dos fuentes, a saber: desde energía de emergencia y desde el suministro de energía principal siempre se considerará la alimentación de emergencia como preferencial, y la alimentación desde el tablero principal quedará como alimentación secundaria.

**Tabla 2. 1** Tipos de salas para cada grupo de aplicación

<b>GRUPO DE APLICACIÓN</b>	<b>TIPO DE SALA DE ACUERDO A AL UTILIZACIÓN</b>	<b>TIPO DE UTILIZACIÓN MEDICA</b>
0	Salas de internación Salas de esterilización para operaciones Salas de lavado para operaciones Consultorios de medicina humana y dental	Ninguna utilización de equipos electromédicos
1	Salas de internación Salas para terapia física Salas para hidroterapia Salas de masajes Consultorios de medicina humana y dental Salas para diagnóstico radiológico y tratamiento Salas para endoscopias Salas para diálisis Salas de examen intensivo Salas de parto Ambulatorios quirúrgicos Salas para cateterismo cardiaco para diagnóstico	Utilización de equipos electromédicos a través de orificios naturales en el cuerpo, o con intervenciones quirúrgicas menores (cirugía menor)  Exámenes con catéter flotante
2	Salas de preparación para operaciones Salas de operación Salas de recuperación Salas para yesos quirúrgicos Salas de examen intensivo Salas de cuidados intensivos Salas de endoscopia Salas para diagnóstico radiológico y tratamiento	Operaciones de órganos de todo tipo (cirugía mayor), introducción de catéteres en el corazón (cateterismo cardíaco), introducción quirúrgica de partes de aparatos, operaciones de todo tipo, mantenimiento de las funciones vitales con equipos

	<p>Salas para cateterismo cardiaco para diagnóstico y tratamiento, excluyendo aquellas en donde se utilizan exclusivamente catéteres flotantes</p> <p>Salas clínicas de parto</p> <p>Salas para diálisis de emergencia o aguda</p> <p>Salas de neonatología</p>	<p>electromédicos, intervenciones a corazón abierto.</p>
--	---	--

**Fuente:** Norma boliviana NB 777

- c) Para cada una de las salas o grupo de salas del grupo de aplicación 2 se debe colocar por lo menos una red IT propia para circuitos que sirven para abastecer a equipos electromédicos en intervenciones quirúrgicas o para mediciones que son de interés vital.
- d) En todos los casos durante el suministro de energía de emergencia, las redes IT de varias salas o grupos de salas pueden quedar siempre conectados a una red IT común con un dispositivo de control de aislación, si éste dispositivo es alimentado, en caso de un corte del suministro general de energía, por medio de un suministro adicional de energía eléctrica de emergencia.
- e) Para formar las redes IT, se preverán preferentemente los transformadores monofásicos. En caso de requerirse también el suministro de consumidores trifásicos para una red IT, debe preverse aquí un transformador trifásico separador. Si un transformador trifásico también se aplica para el suministro de consumidores monofásicos, debe asegurarse a través del tipo de construcción o el tipo de conexión, que incluso en caso de una carga desequilibrada o de una falla posible en el lado primario, no aparezcan elevaciones de la tensión en el lado del consumidor.
- f) Se utilizarán transformadores separadores con aislación doble o reforzada con aislación clase II.
- g) Para los transformadores separadores, su alimentación en el lado primario y su derivación en el lado secundario son admisibles dispositivos de protección contra sobrecorrientes sólo para la protección en caso de cortocircuito. Para proteger al transformador separador de una sobrecarga, prever dispositivos de control que

indiquen acústicamente (desactivable) y visualmente un calentamiento excesivo, por ejemplo, por sobrecorrientes.

- h) Normalmente cada transformador de aislamiento alimenta una sola sala. Utilizar un único transformador para varias salas no es conveniente por el aumento de la capacidad distribuida, por este motivo el proyectista debe calcular cuidadosamente el valor de las capacidades distribuidas y comprobar una vez realizado el proyecto, sus valores por mediciones.

## **2.2.5 CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN EN CADA UNO DE LOS AMBIENTES O GRUPOS DE APLICACIÓN**

### **2.2.5.1 Circuitos en la red IT de salas del grupo de aplicación 2**

Se deben utilizar en las salas del grupo de aplicación 2, las medidas de protección “Indicación por monitoreo de aislación en la red IT por lo menos para los siguientes circuitos:

Circuitos para luminarias de quirófano y luminarias similares

Circuitos con tomacorrientes bipolares con conexión de protección, a los que se conectan los equipos electromédicos.

Pero al menos se requiere un suministro desde una red IT con un control de la aislación, para todos los circuitos a través de los cuales se abastecen equipos electromédicos de vital importancia y para luminarias scialíticas para operaciones y luminarias similares, para cuya alimentación no se aplica la medida de protección de muy baja tensión de seguridad.

En las salas para pacientes, y en cada cama se dividirán los tomacorrientes por lo menos en dos circuitos.

Cada circuito no debe contener más de 6 tomacorrientes.

El “puesto de atención de pacientes” es el lugar en el cual el paciente es examinado o

tratado con aparatos electromédicos dependientes de la red, que sirven para intervenciones quirúrgicas o medidas de vital importancia, por ejemplo, la mesa de operaciones o la cama de terapia intensiva.

La práctica muestra que se requieren por lo menos desde 12 tomacorrientes (= 2 circuitos) hasta 24 tomacorrientes (= 4 circuitos) para cada puesto de pacientes en el grupo de la sala de operaciones y la misma disposición se debe respetar en la sala de terapia intensiva.

En caso de más de dos circuitos por cada puesto de atención de pacientes se recomienda instalar el suministro en forma alternada (cruzada) desde dos redes IT. Se recomienda equipar los tomacorrientes con una indicación visual de la tensión.

Para interrumpir los cables y las líneas en caso de un calentamiento excesivo, deben utilizarse únicamente interruptores de protección de líneas, o interruptores de potencia que interrumpen a todos los polos, debiendo actuar selectivamente ante los cortocircuitos en lo que respecta a los dispositivos de protección conectados en serie.

#### **2.2.5.2 Circuitos de iluminación**

Deben existir dos circuitos en las vías de salvamento y las salas de los grupos de aplicación 1 y 2 con más de una luminaria.

#### **2.2.5.3 Circuitos de motores**

Los motores que se accionan automáticamente a distancia, o aquellos que no se controlan permanentemente deben ser protegidos por guardamotores.

#### **2.2.5.4 Línea de alimentación a equipos de extinción de incendios**

La instalación eléctrica de equipos de extinción de incendios debe estar abastecida con una línea de alimentación propia, directamente desde el centro de distribución principal

del suministro de energía eléctrica de emergencia.

## **2.2.6 SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE EMERGENCIA**

La necesidad y el área del suministro de energía eléctrica de emergencia y el suministro de energía eléctrica de emergencia adicional, pueden ser determinados por:

Disposiciones legales por la utilización de los equipos electromédicos.

### **2.2.6.1 Suministro de energía eléctrica de emergencia con un tiempo de conmutación de hasta 15 s**

Los equipos médicos deben seguir operando dentro del término de 15 s desde una fuente de energía eléctrica de emergencia durante 24 horas como mínimo.

#### **Iluminación de seguridad**

- a) En los caminos de escape, el nivel mínimo de iluminación debe ser de 1 lx en la línea media a una altura de 0,2 m sobre el piso o los escalones.
- b) Los carteles indicadores de emergencia deben estar energizados con circuitos de emergencia.
- c) Se iluminarán las salas de tableros, las salas de grupos electrógenos de reemplazo y los tableros de distribución principal del suministro general de energía y los del suministro de energía de emergencia, donde el nivel mínimo de iluminación debe ser el 10 % del nivel de iluminación nominal, pero no inferior a los 15 lx
- d) Se iluminarán salas de trabajo con más de 50 m<sup>2</sup> de superficie, como por ejemplo talleres, cocinas, lavanderías, laboratorios, donde el nivel mínimo de iluminación debe ser 1 lx
- e) Se iluminarán salas del grupo de aplicación 1, donde en cada una de las salas debe seguir funcionando al menos una luminaria del suministro de energía de emergencia
- f) Se iluminarán salas del grupo de aplicación 2, donde toda la iluminación de la sala debe seguir funcionando desde el suministro de energía de emergencia
- g) Se iluminarán salas que son necesarias para mantener el servicio del hospital, donde

en cada una de ellas debe seguir funcionando al menos una luminaria desde el suministro de energía de emergencia

#### **Otros dispositivos de seguridad necesarios**

- a) Ascensores para los bomberos y ascensores para camas son obligatorios
- b) Instalaciones de ventilación necesarias para la extracción del humo y para fuentes de energía eléctrica de emergencia y sus salas de maniobras
- c) Instalaciones para equipos de altavoces y buscapersonas
- d) Instalaciones de alarma e instalaciones de advertencia
- e) Instalaciones de extinción de incendios

#### **Dispositivos médico - técnicos**

- a) Los dispositivos eléctricos para el suministro médico de gas, incluyendo aire comprimido, suministro de vacío y absorción de narcóticos, así como los dispositivos de control
- b) Los aparatos electro médicos en las salas del grupo de aplicación 2, que sirven para intervenciones quirúrgicas o para acciones de interés vital.

Estos aparatos se deben poder alimentar dentro de los 15 s luego de la falla de la tensión en el centro de distribución del esquema IT, en forma automática desde un suministro adicional de energía eléctrica de emergencia durante un período de al menos una hora, cuando:

#### **2.2.6.2 Suministro de energía eléctrica de emergencia con un tiempo de conmutación de más de 15 s**

El tiempo de conmutación correspondiente se rige de acuerdo con las necesidades de servicio.

Entre estos dispositivos pueden contarse, por ejemplo:

- a) Equipos de esterilización
- b) Instalaciones domésticas, en especial las instalaciones de calefacción, ventilación (sin equipos frigoríficos), suministro y eliminación de residuos
- c) Equipos de refrigeración
- d) Equipos de cocción
- e) Equipos de carga para acumuladores
- f) Otros ascensores
- g) Otros equipos importantes para el mantenimiento del servicio del hospital

#### **2.2.6.3 Suministro de energía eléctrica de emergencia con un tiempo de conmutación de hasta 0,5 s**

Las luminarias para operaciones (scialíticas) y las luminarias similares se deben poder seguir alimentando en forma automática, adicionalmente al suministro de energía de emergencia según el punto 14.7.1, desde un suministro adicional de energía de emergencia con un tiempo de conmutación de hasta 0.5 s, cuando la tensión de entrada descienda en más del 10 % de la tensión nominal.

La fuente de energía de emergencia debe estar dimensionada para un suministro de 3 horas.

Pero puede estar dimensionada para 1 hora como mínimo, cuando otra fuente de energía de emergencia independiente asegura la duración mínima de funcionamiento de las lámparas para operaciones de 3 h en total.

#### **2.2.6.4 Requisitos generales para las fuentes de energía eléctrica de emergencia**

Las fuentes de energía permitidas para el suministro de energía eléctrica de emergencia serán:

- Generadores cuyas máquinas de impulsión, no dependan de la red de suministro general
- Una alimentación adicional como alimentación de energía general, que sea independiente de la alimentación de la red (moto generadores, UPS)
- Acumuladores eléctricos de tipo estacionario (que no sean para uso de arranque en automóviles)

- **Disponibilidad:**

Deben respetarse al menos

- Igual seguridad de arranque, por ejemplo, en caso de la operación de puesta en marcha
- Igual capacidad de toma de potencia
- Permanente disponibilidad ilimitada como fuente de energía eléctrica de los consumidores del suministro de energía eléctrica de emergencia

- **Calidad de la tensión:**

- Igual calidad de tensión y frecuencia en funcionamiento estático y dinámico en caso de carga desequilibrada
- Igual grado de supresión de interferencias y contenido de armónicas

- **Duración segura de funcionamiento:**

Debe respetarse el seguro abastecimiento independiente de combustible de la máquina motriz, al menos para los consumidores del suministro de energía de emergencia teniendo en cuenta la duración del funcionamiento nominal predeterminado en las normas.

- **Condiciones controladas de funcionamiento:**

Debe respetarse la refrigeración segura de la máquina motriz

Para fuentes de energía eléctrica de emergencia - particularmente para aquéllas con motores convencionales de combustión interna - rige la necesidad de su mantenimiento.

Cuando debe ponerse fuera de funcionamiento a una fuente de energía eléctrica de emergencia con fines de mantenimiento, otra fuente de energía eléctrica de emergencia debe tomar el suministro, cuando sea necesario por motivos médicos o de seguridad.



## **2. CAPÍTULO 3**

Con fines de realizar el mantenimiento o remodelación en edificaciones civiles, es de vital importancia contar con la documentación técnica de planos arquitectónicos, de planos de instalaciones eléctricas, sanitarias y de todas las áreas que intervienen para dar una adecuada comodidad tanto a los pacientes como al personal médico y administrativo que trabaja en el hospital, ya que al contar con toda esta información, se puede llevar los trabajos de mantenimiento o remodelación de las instalaciones sin causar averías al sistema de instalaciones, ni provocar accidentes indeseados al personal que realiza los trabajos de mantenimiento. Para realizar el relevamiento de la documentación pertinente a las instalaciones eléctricas del HOSPITAL MATERNO INFANTIL, en el presente trabajo se desarrollan varias tareas para lograr la sistematización y organización de la documentación técnica, los cuales se agrupan en cuatro principales etapas que son:

1. Relevamiento del lugar de trabajo
2. Identificación de problemas en la instalación eléctrica
3. Aplicación de normas eléctricas para la corrección y mejoramiento de la instalación eléctrica.
4. Propuesta para el mejoramiento del sistema eléctrico

A continuación, se desarrolla el procedimiento a seguir en cada una de las etapas de este proyecto.

### **3.1 ETAPA 1**

#### **3.1.2 RELEVAMIENTO DEL LUGAR DE TRABAJO**

Tomando como punto de partida los planos arquitectónicos del hospital materno infantil, o en caso de no contar con ello, se realiza el relevamiento y generación de planos arquitectónicos AS-BUILT, en base a esta información, se realiza el relevamiento de todos los datos concernientes a las instalaciones eléctricas, para la posterior generación de los planos que corresponden a las instalaciones eléctricas de:

- Luminarias
- Tomacorrientes
- Puntos de fuerza
- Cargas especiales
- Tableros de piso
- Tableros principales
- Sala de generadores
- Sala de transformadores

Así mismo, con el objetivo de determinar el estado actual de las instalaciones eléctricas, se realiza el cálculo y verificación de potencias de cada circuito, verificación del correcto dimensionamiento de conductores y protecciones, tomando como referencia la norma que se encuentra vigente en Bolivia.

Para verificar el correcto dimensionamiento de cada uno de los circuitos instalados, se realiza la medición de los parámetros eléctricos que intervienen en una instalación eléctrica, tales como corriente, voltaje, caída de tensión y otros, para efectuar la comparación con los valores teóricos.

## **3.2 ETAPA 2**

### **3.2.1 IDENTIFICACIÓN DE PROBLEMAS EN LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA**

En base a todos los datos, cálculos y resultados obtenidos en la anterior etapa, se identifica todas las deficiencias que presente el sistema eléctrico del hospital materno infantil, a partir de esta información se determina los posibles problemas que presentan las instalaciones eléctricas o los posibles efectos adversos que podrían causar una inadecuada instalación.

Otro aspecto a tomar en cuenta para la identificación de problemas en la instalación eléctrica del hospital, es la realización de una evaluación al estado en que se encuentran los conductores, equipos de protección y todos los dispositivos que intervienen para el correcto funcionamiento del sistema eléctrico, esta evaluación se lo realiza tanto de forma visual, como utilizando equipos especializados que determinen el estado de cada componente en particular, ya que, si alguno de estos componentes se encuentra en mal

estado, cualquier subida o bajada de tensión en el sistema eléctrico, podría resultar altamente peligroso.

Tomando como referencia la normativa aplicable a instalaciones eléctricas en hospitales que se encuentra vigente en el país, se identifica las faltas o infracciones a la normativa que se tienen actualmente en las instalaciones eléctricas del hospital materno infantil.

Realizar una evaluación o fiscalización exhaustiva y meticulosa a las instalaciones eléctricas de una edificación que cuenta con muchos ambientes y áreas de aplicación puede tornarse una tarea que requiere de mucho tiempo, mano de obra y equipos, sin embargo, en el presente proyecto, se realiza la identificación de problemas y/o deficiencias en las principales áreas o subsistemas de las instalaciones eléctricas del hospital materno infantil, pero no se limitan a:

- Tableros eléctricos y equipos de alimentación.
- La instalación en cada uno de los ambientes o grupos de aplicación.
- Sistema de protección contra las corrientes peligrosas para el cuerpo humano.
- Deficiencias en el sistema de alimentación de emergencia.
- Análisis de demanda de energía y armónicos en la red eléctrica.
- Sistema de puesta a tierra.

### **3.3 ETAPA 3**

#### **3.3.1 APLICACIÓN DE NORMAS ELÉCTRICAS PARA LA CORRECCIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA**

En la actualidad se hace más común encontrarse con productos o instalaciones que tengan certificaciones de alguna normativa nacional o internacional, ya que la aplicación de normativas en el ámbito de la industria, brinda una garantía y seguridad al usuario final, razón por la cual, para identificar ciertas deficiencias o problemas en las instalaciones eléctricas, se toma como referencia de comparación, normativas que cubran instalaciones eléctricas en hospitales.

Una vez identificadas y planteadas las deficiencias en las instalaciones eléctricas del hospital materno infantil, mismo que se desarrollan en la anterior etapa, con el propósito de incrementar la confiabilidad y seguridad del suministro de energía eléctrica al nosocomio, se procede a realizar una lista de las posibles soluciones que contrarresten los

problemas o mejoren la calidad de las instalaciones eléctricas, de modo que se adecuen al entorno de la actual configuración del sistema eléctrico del hospital.

Para subsanar las deficiencias y/o problemas identificadas en las instalaciones eléctricas del hospital se realiza una recomendación correspondiente a cada problemática o deficiencia planteada, para llevar tal cometido, se recurre a estándares y normativas aplicables a instalaciones eléctricas de hospitales, de modo que se cumplan los requerimientos mínimos solicitados para instalaciones eléctricas en edificaciones que tienen la función de hospital, además, se toman como principal criterio, uno de los principios básicos del suministro de energía eléctrica que se basa en brindar el servicio de suministro energía eléctrica de forma segura, confiable y económico.

### **3.4 ETAPA 4**

#### **3.4.1 PROPUESTA PARA EL MEJORAMIENTO DEL SISTEMA ELÉCTRICO**

Una vez determinado las deficiencias o posibles problemas que presenta el sistema eléctrico del edificio del hospital materno infantil, el siguiente paso es generar una serie de propuestas de modificaciones o mejoras al sistema eléctrico de modo que las instalaciones eléctricas sean más adecuadas a las exigencias de la edificación del hospital, tomando en consideración, en la medida de lo posible, el reutilizar los equipos existentes en el sistema actual, para hallar una solución económicamente viable.

Para todas las deficiencias o problemas que se identifican en las instalaciones eléctricas del hospital, se plasma una propuesta técnico-económica para el mejoramiento del sistema eléctrico del nosocomio, dicha propuesta tiene la intención de que las autoridades pertinentes de la CNS, tengan un panorama claro y concreto del estado actual en que se encuentra el sistema eléctrico del hospital materno infantil y de esta manera incursionar acciones oportunas o tomar decisiones a futuro en cuanto a la seguridad y confiabilidad de las instalaciones del sistema eléctrico del nosocomio.

Cabe mencionar que, en la planificación a mediano y largo plazo de las instalaciones eléctricas, es imprescindible incorporar el mantenimiento al sistema eléctrico, tanto el **mantenimiento preventivo y correctivo** es uno de los aspectos fundamentales para el correcto funcionamiento de cualquier tipo de instalación eléctrica. En las revisiones

periódicas es recomendable realizar la supervisión y verificación del correcto desempeño de los siguientes elementos:

- Cuadros eléctricos de mando y protección
- Estado de los conductores y sus conexiones
- Canalizaciones
- Alumbrado de emergencia y señalización
- Tomas de corriente
- Puesta a tierra

Además, en los mantenimientos programados se recomienda utilizar equipos de ensayo y medida para la verificación del estado de las protecciones contra contactos indirectos, valores de resistencia de puesta a tierra y si es posible, realizar la toma de temperatura de los distintos elementos de la instalación eléctrica mediante una inspección por termografía infrarroja. Finalizando el mantenimiento programado, es recomendable realizar un informe técnico detallado en el que se reflejan los datos técnicos de la instalación con fotografías de la misma, las anomalías detectadas, los ensayos realizados durante la revisión y las medidas correctivas necesarias a realizar, de esta forma llevar un registro y la trazabilidad de las instalaciones de todo el sistema eléctrico.

## **3.5 ETAPA 5**

### **3.5.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS**

En esta etapa se realizará los análisis de resultados de la elaboración del proyecto.

### **3.5.2 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Se presentará las conclusiones y recomendaciones para el proyecto.

### **3. CAPÍTULO 4**

#### **4.1 ETAPA 1: RELEVAMIENTO DEL LUGAR DE TRABAJO**

Uno de los primeros pasos a realizar en cuanto al relevamiento del lugar de trabajo, consiste en la generación y actualización de los planos arquitectónicos del hospital materno infantil. Esto fue necesario debido a que al momento de la entrega del edificio, no se proporcionaron los planos AS-BUILT por diversas circunstancias que se presentó entre la CNS y la CONTRATISTA que ejecuto la construcción del nosocomio.

Con los planos arquitectónicos actualizados, se procede con el relevamiento de la instalación eléctrica, a continuación, se detalla todas las actividades realizadas para el relevamiento de circuitos.

##### **4.1.1 RELEVAMIENTO DE CIRCUITOS DE ILUMINACIÓN, TOMACORRIENTES Y PUNTOS DE FUERZA.**

El relevamiento de los puntos de iluminación, tomacorrientes, y puntos de fuerza se los realiza ambiente por ambiente. transcribiendo estos datos en los planos arquitectónicos correspondientes de los diferentes niveles del hospital.

En el relevamiento de los circuitos de iluminación se dibujan las luminarias y los interruptores de cada ambiente, realizada esta transcripción se procede con la comprobación de la correspondencia de los grupos de luminarias que son controladas por cada interruptor de luz, denotando en los planos con la misma letra al interruptor y al grupo de luminaria que el interruptor controla, esto se lo realiza en cada ambiente de todos los niveles del edificio. Para realizar la identificación de los circuitos de iluminación, se realiza el encendido de luminarias de todos los ambientes y, previa coordinación y obtención del permiso correspondiente, con sumo cuidado se procede a desenergizar cada uno de los circuitos de iluminación, abriendo el circuito en los interruptores termomagnéticos de 16 A y en algunos casos de 20 A, mismos que se encuentran centralizados en los tableros de distribución. Cabe mencionar que se sigue este procedimiento por la simplicidad que nos brinda este método para identificar cada uno de

los circuitos de iluminación, ya que al abrir un determinado termomagnético, se apagar un determinado grupo de luminarias, por tanto, todas las luminarias que se encuentren apagadas, pertenecen al circuito de iluminación en cuestión. Los planos eléctricos obtenidos se los adjunta en el anexo A (planos 2 al 73).

Para realizar los planos de los circuitos de tomacorrientes, fuerza y cargas especiales se procede de manera cuidadosa de tal forma que no cause perjuicios ni daños a los equipos que requieren de una alimentación de energía eléctrica continua, primeramente se dibuja todos los tomacorrientes estándar, tomacorrientes shucko, tableros pequeños y puntos de tomacorriente para equipos de gran potencia correspondiente a cada ambiente, el procedimiento que se sigue para identificar cada uno de los circuitos de tomacorrientes, consiste en desconectar los equipos y cargas que se encuentran alimentadas mediante puntos de tomacorriente, posterior a ellos, se conectan a los puntos de toma cargas luminosas que permita identificar la correspondencia de los puntos de tomacorriente a los circuitos de tomacorriente, para llevar tal acometido se conectan luminarias de 9 W con socket acoplados a enchufes (para efectos de realización del presente proyecto, se utilizan 40 luminarias de 9 W).

A razón de que el hospital se encuentra en pleno funcionamiento, todos estos procedimientos se los realiza de forma rápida y en horarios de modo tal que no se vea comprometida el funcionamiento normal del hospital, debido a los cortos tiempos de interrupción del suministro de energía eléctrica. Los planos eléctricos correspondientes a los circuitos de tomacorrientes y fuerza, se encuentra en el anexo A (planos 74 al 139).

#### **4.1.2 RELEVAMIENTO DE TABLEROS**

Una vez realizada el relevamiento de todas las cargas en los tableros de distribución, se procede a registrar el calibre del conductor, capacidad de corriente de cada elemento de protección y el nombre de la carga correspondiente. Este procedimiento se lo realiza en cada uno de los tableros de distribución correspondientes a todos los niveles del hospital, cabe destacar que en todos los niveles se encuentra diferentes tipos de tableros de distribución, tales como:

- Tableros de distribución de aplicación 0
- Tableros de distribución de aplicación 1
- Tableros de distribución de aplicación 2

A continuación, se describe la clasificación de cada uno de los tableros mencionados.

#### 4.1.2.1 Tableros de distribución de aplicación 0

Los tableros de distribución de aplicación 0, se caracterizan porque son alimentadas directamente por la red eléctrica, es decir, la seguridad y confiabilidad de las cargas conectadas a este tipo de tableros, son directamente dependientes de la calidad del suministro de energía eléctrica del agente distribuidor. Los tableros de distribución de aplicación 0 que se identificaron en el hospital materno infantil son los siguientes:

**Tabla 4. 1** Tablero de distribución sin respaldo de generador

TABLERO	UBICACIÓN	AMBIENTE
TD - 3A	Piso 3	pasillo de salas de internación
TD - 3C	Piso 3	pasillo de salas de internación
TD - 4 <sup>a</sup>	Piso 4	pasillo de salas de internación
TD - 4C	Piso 4	pasillo de salas de internación
TD - 5A	Piso 5	pasillo de salas de internación
TD - 5C	Piso 5	pasillo de salas de internación
TD - 6A	Piso 6	pasillo de salas de internación
TD - 6C	Piso 6	pasillo de salas de internación
TD - 7A	Piso 7	pasillo de salas de internación
TD - 7C	Piso 7	pasillo de salas de internación
TD - 8A	Piso 8	pasillo de salas de internación
TD - 8C	Piso 8	pasillo de salas de internación
TD - 9A	Piso 9	pasillo de salas de internación
TD - 9C	Piso 9	pasillo de salas de internación
TD - 10A	Piso 10	pasillo de salas de internación
TD - 10C	Piso 10	pasillo de salas de internación
TD - S3	Sótano 3	parqueo
TD - V	Sótano 2	deposito
TD - T	Sótano 2	deposito
TD - S2	Sótano 2	deposito
TD - D	Sótano 2	deposito
TD - BS	Sótano 1	emergencias

TABLERO	UBICACIÓN	AMBIENTE
TD - EM	Sótano 1	central de enfermeras
TD - L	Sótano 1	lavandería
TD - C	Sótano 1	lavandera
TD - LB	Zócalo 2	pasillo
TD - P	Zócalo 2	pasillo
TD - Q	Piso 1	pasillo
TD - EC	Piso 1	pasillo
TD - U	Piso 1	pasillo
TD - U2	Piso 1	pasillo
TD - SP	Piso 2	pasillo
TD - N	Piso 2	pasillo
TD - IE	Sótano 1	seguridad
TD - AZ1	Zócalo 1	pasillo
TD - G	Zócalo 1	pasillo
TD - I	Zócalo 1	pasillo
TD - AZ2	Zócalo 2	deposito
TD - 11A	Piso 11	pasillo
TD - 11C	Piso 11	pasillo
TD - M	Sótano 2	pasillo

Fuente: Elaboración propia

#### 4.1.2.2 Tableros de distribución de aplicación 1

Los tableros de distribución de aplicación 1, tienen la característica de que se encuentran respaldadas por 2 fuentes de energía eléctrica, es decir, la red eléctrica pública y un grupo generador, en este caso, el hospital cuenta con un grupo electrógeno que está en modo de espera (standby), el cual entra en funcionamiento en el instante inmediato que se detecta la ausencia de tensión en la red eléctrica pública, de esta forma garantizar el suministro ininterrumpido de energía eléctrica. Esta operación es controlado y supervisado por el Interruptor Automático de Transferencia ATS (Automatic Transfer Switcher).

Los tableros de distribución de aplicación 1 identificados en el hospital son los siguientes:

Tabla 4. 2 Tablero de distribución con respaldo de generador

TABLERO	UBICACIÓN	AMBIENTE
TDE - 3A	Piso 3	pasillo de salas de internación
TDE - 3C	Piso 3	pasillo de salas de internación

<b>TABLERO</b>	<b>UBICACIÓN</b>	<b>AMBIENTE</b>
<b>TDE - 4A</b>	Piso 4	pasillo de salas de internación
<b>TDE - 4C</b>	Piso 4	pasillo de salas de internación
<b>TDE - 5A</b>	Piso 5	pasillo de salas de internación
<b>TDE - 5C</b>	Piso 5	pasillo de salas de internación
<b>TDE - 6A</b>	Piso 6	pasillo de salas de internación
<b>TDE - 6C</b>	Piso 6	pasillo de salas de internación
<b>TDE - 7A</b>	Piso 7	pasillo de salas de internación
<b>TDE - 7C</b>	Piso 7	pasillo de salas de internación
<b>TDE - 8A</b>	Piso 8	pasillo de salas de internación
<b>TDE - 8C</b>	Piso 8	pasillo de salas de internación
<b>TDE - 9A</b>	Piso 9	pasillo de salas de internación
<b>TDE - 9C</b>	Piso 9	pasillo de salas de internación
<b>TDE - 10A</b>	Piso 10	pasillo de salas de internación
<b>TDE - 10C</b>	Piso 10	pasillo de salas de internación
<b>TDE - S3</b>	Sótano 3	parqueo
<b>TDE - V</b>	Sótano 2	deposito
<b>TDE - T</b>	Sótano 2	deposito
<b>TDE - S2</b>	Sótano 2	deposito
<b>TDE - D</b>	Sótano 2	deposito
<b>TDE - BS</b>	Sótano 1	emergencias
<b>TDE - EM</b>	Sótano 1	central de enfermeras
<b>TDE - L</b>	Sótano 1	lavandería
<b>TDE - C</b>	Sótano 1	lavandería
<b>TDE - LB</b>	Zócalo 2	pasillo
<b>TDE - P</b>	Zócalo 2	pasillo
<b>TDE - Q</b>	Piso 1	pasillo
<b>TDE -GA</b>	Piso 1	pasillo
<b>TDE - EC</b>	Piso 1	pasillo
<b>TDE - U</b>	Piso 1	pasillo
<b>TDE - U2</b>	Piso 1	pasillo
<b>TDE - SP</b>	Piso 2	pasillo
<b>TDE - QC</b>	Piso 2	pasillo
<b>TDE - N</b>	Piso 2	pasillo
<b>TDE - BA</b>	Sótano 3	parqueo
<b>TDE - M</b>	Sótano 2	pasillo
<b>TDE - ASC Servicio</b>	piso 12	sala de maquinas
<b>TDE - ASC Publico</b>	piso 12	sala de maquinas
<b>TDE - ASC Camillas</b>	piso 12	sala de maquinas

**Fuente:** Elaboración propia

#### 4.1.2.3 Tablero de distribución de aplicación 2

Los tableros de distribución de aplicación 2, son aquellos tableros que incorporan circuitos que se encuentran alimentados por una tensión regulada, que en la mayoría de los casos están conectadas a la red pública y cuentan con un generador electrógeno propio en caso de que la primera falle, adicionalmente, este tipo de sistemas cuentan con UPS (Uninterruptible Power Supply), el cual se caracteriza porque cuenta con un banco de baterías como fuente de almacenamiento energía. El tiempo de funcionamiento con baterías es relativamente corto (solo unos minutos) pero suficiente para encender una fuente de energía de reserva (grupo electrógeno) o apagar correctamente el equipo protegido. Se emplea esta configuración con la finalidad de que la ausencia del suministro de energía y/o la transición del suministro de energía desde la red pública al generador electrógeno sea imperceptible.

Tabla 4. 3 Tablero de distribución con respaldo de generador

TABLERO	UBICACIÓN	AMBIENTE
TA1	Piso 1	Quirófano
TA2	Piso 1	Quirófano
TA3	Piso 1	Quirófano
TA4	Piso 1	Quirófano
TA5	Piso 1	Quirófano
TDE-U1	Piso 1	Terapia intensiva
TDE-U2	Piso 1	Terapia intensiva
TA6	Piso 2	Quirófano
TA7	Piso 2	Quirófano
TDE - SP	Piso 2	Sala de partos
TDE - N	Piso 2	Neonatología

Fuente: Elaboración propia

En el caso del hospital materno infantil, los tableros que requiere que estén alimentados por una tensión regulada son los tableros que suministran energía eléctrica a quirófanos, salas de terapia intensiva, de partos u neonatología, debido a que estas cargas son clasificadas como cargas críticas.

Los circuitos correspondientes a los tableros que se muestran en la Tabla 4.3 se los refleja en los planos eléctricos adjuntados en el anexo A (planos 147 al 196)

#### 4.1.2.4 Tablero principales

- **Tablero del medidor:** Éste recibe directamente el circuito de alimentación en media tensión y está ubicado en el cubical de medición de energía desde el cual se desprende el circuito principal para ser dividido a los 3 transformadores y derivados a los tableros generales.

- **Tablero general o principal de distribución:** Este tablero está conectado a la línea eléctrica principal y de él se derivan los circuitos secundarios. Este tablero contiene el interruptor principal. Los tableros principales identificados en el hospital materno infantil son: TPP1, TPP2 y TPP3 estos se los puede observar en el anexo A (planos eléctricos) en el plano nro. 140 y 14.

- **Tableros de paso:** Estos tableros tienen la finalidad de proteger derivaciones que por su capacidad no pueden ser conectadas directamente a alimentadores o sub alimentadores. En las instalaciones eléctricas del hospital se cuentan con dos niveles de tableros de paso debido al tamaño del edificio, ya que no existen tableros de grandes dimensiones, más bien se cuenta con tableros de tamaños estándar, que son elementos comerciales y fáciles de encontrar en el mercado.

Los tableros de paso en el primer nivel que están aguas arriba son los siguientes:

**Tabla 4. 4** Tableros de paso de primer nivel.

<b>TABLERO</b>	<b>UBICACIÓN</b>	<b>AMBIENTE</b>
<b>TDG1</b>	Sótano 2	sala de tableros
<b>TN1</b>	Sótano 2	sala de tableros
<b>TDG2</b>	Sótano 2	sala de tableros
<b>TN2</b>	Sótano 2	sala de tableros

**Fuente:** Elaboración propia.

Los tableros de paso en el segundo nivel que están aguas abajo son los siguientes:

**Tabla 4. 5** Tableros de paso de segundo nivel.

<b>TABLERO</b>	<b>UBICACIÓN</b>	<b>AMBIENTE</b>
<b>TRE-AA</b>	Sótano 2	sala de tableros

<b>TRE-SV</b>	Sótano 2	sala de tableros
<b>TP-AA</b>	Sótano 2	sala de tableros
<b>TP-M</b>	Sótano 2	sala de tableros
<b>TP-RX</b>	Sótano 2	sala de tableros
<b>TP-SV</b>	Sótano 2	sala de tableros
<b>TRE-EQ</b>	Sótano 2	sala de tableros
<b>TRE-CR</b>	Sótano 2	sala de tableros
<b>TP-EQ</b>	Sótano 2	sala de tableros
<b>TP-CR</b>	Sótano 2	sala de tableros

**Fuente:** Elaboración propia.

Los tableros que se muestran en la Tabla 4.4 y la Tabla 4.5 se los puede observar en el anexo A (planos eléctricos) en los planos 142 al 146.

#### **4.1.3 RELEVAMIENTO DE TRANSFORMADORES, SALA DE GENERADORES**

La sala de transformadores está ubicada el sótano 2, donde se encuentran dos transformadores con una potencia nominal de 750 kVA y un transformador de 300 kVA, todos están en funcionamiento.

La sala de generadores están en el sótano 2, este cuenta con dos generadores de 500 kVA. La ubicación de los generadores electrógenos, se los muestra en el anexo A en el plano correspondiente al sótano 2.

#### **4.1.4 CALCULO DE LAS POTENCIAS SEGÚN NB 777**

La carga está constituida por sistemas de iluminación, tomacorrientes, equipos eléctricos en general, tomas de fuerza para equipos de electro medicina y de fuerza motriz para ascensores, bombas y otros.

La demanda de potencia de toda la unidad constituye tantas cargas monofásicas y trifásica. en la Tabla 4.6 se muestra un ejemplo correspondiente al tablero TD-11, el cual se obtiene a partir del relevamiento de las cargas.

Tabla 4. 6 Cuadro de carga tipo

TABLERO DE DISTRIBUCION:																400/230V-3φ-4hilos-50Hz		
Piso 11 - Bloque A																		
Ter	Co.	DESCRIPCION	LAMPARA FLUORESCENTE (2X40W)	ILUMINACION CABECERA (24W)	LAMPARA TIPO A3 (3X40W)	LAMPARA TIPO A4 (4X40W)	APLIQUE (18W)	TOMACORRIENTES DOBLE	FUERZA	POTENCIA (w)	FACTOR DE POTENCIA	POTENCIA (VA)	POTENCIA (VA)			PROTEC	COND.	OBSERV.
			80	24	120	160	18	200	4500	TOTAL	Fp	FASE 1	FASE 2	FASE 3	POL-AMP			
1	1	Tomacorrientes						10		2000,0	1,00	2000,0	2000			1P-20A	3XN° 12 AWG-3/4" PVC	
2	2	Tomacorrientes						11		2200,0	1,00	2200,0			2200	1P-20A	3XN° 12 AWG-3/4" PVC	
3	3	Tomacorrientes						10		2000,0	1,00	2000,0		2000		1P-20A	3XN° 12 AWG-3/4" PVC	
4	4	Tomacorrientes						11		2200,0	1,00	2200,0	2200			1P-20A	3XN° 12 AWG-3/4" PVC	
5	5	Tomacorrientes						10		2000,0	1,00	2000,0		2000		1P-20A	3XN° 12 AWG-3/4" PVC	
6	6	Tomacorrientes						10		2000,0	1,00	2000,0		2000		1P-20A	3XN° 12 AWG-3/4" PVC	
7	7	Tomacorrientes						11		2200,0	1,00	2200,0	2200			1P-20A	3XN° 12 AWG-3/4" PVC	
8	8	Tomacorrientes						11		2200,0	1,00	2200,0	2200			1P-20A	3XN° 12 AWG-3/4" PVC	
9	9	Tomacorrientes						12		2400,0	1,00	2400,0			2400	1P-20A	3XN° 12 AWG-3/4" PVC	
10	10	Tomacorrientes						11		2200,0	1,00	2200,0	2200			1P-20A	3XN° 12 AWG-3/4" PVC	
11	11	Tomacorrientes						10		2000,0	1,00	2000,0	2000			1P-20A	3XN° 12 AWG-3/4" PVC	
12	12	Secadoras de Mano								2400,0	1,00	2400,0			2400	1P-20A	3XN° 12 AWG-3/4" PVC	
13	13	Fuerza Cocina							1	4500,0	1,00	4500,0		4500		1P-20A	3XN° 12 AWG-3/4" PVC	
14	14	Iluminación	6	12				6		876,0	0,90	973,3		973		1P-16A	2XN° 14 AWG-3/4" PVC	
15	15	Iluminación	5	10				5		730,0	0,90	811,1		811		1P-16A	2XN° 14 AWG-3/4" PVC	
16	16	Iluminación	8	6				6		892,0	0,90	991,1		991		1P-16A	2XN° 14 AWG-3/4" PVC	
17	17	Iluminación	14		2	2				1680,0	0,90	1866,7		1867		1P-16A	2XN° 14 AWG-3/4" PVC	
18	18	Iluminación	9		2	2	4			1352,0	0,90	1502,2		1502		1P-16A	2XN° 14 AWG-3/4" PVC	
19	19	Iluminación	23							1840,0	0,90	2044,4		2044,4		1P-16A	2XN° 14 AWG-3/4" PVC	
20	20	lum. Y Tomas sala de maquinas	10					1	5	1818,0	0,90	2020,0		2020,0		1P-16A	2XN° 14 AWG-3/4" PVC	
21	21	Reserva																
		TOTALES	75	28	4	4	22	122	1	39488,0		40508,9	12800	14664	13044	3P-125 Amp	FP=	0,97
													PI=	40509			FD1=	0,29
													PD(20%)=	11702			FD2=	0,47
													PD(40%)=	18904				

ALIMENTADOR: 4xN°4+1xN°6 AWG,TW,Cu - 2" PVC

Fuente: Elaboración propia

- **Potencia Instalada.** - Suma de la potencia de todos puntos de iluminación, tomacorrientes, fuerza.
- **Potencia Demandada.** - Es la potencia que efectivamente consume o demanda en un punto del sistema eléctrico y siempre es menor a la potencia instalada.
- Para determinar la máxima potencia demandada se utiliza los factores de demanda establecidos en la NB 777:

**Tabla 4.7** Factores de demanda para iluminación en edificios públicos

Tipo de edificio	Potencia a la cual es aplicado el factor de demanda, en W	Factor de demanda, en %
Sala de espectáculos	Potencia total	100
Bancos	Potencia total	100
Peluquerías y salones de belleza	Potencia total	100
Iglesias	Potencia total	100
Clubes	Potencia total	100
Juzgados y audiencias	Potencia total	100
Hospitales	50 000 o menos	40
	sobre 50 000	20
Hoteles	20 000 o menos	50
	Próximos a 80 000	40
	Exceso sobre 100 000	30
Habitaciones de hospedaje	Potencia total	100
Restaurantes	Potencia total	100
Escuelas	Potencia total	100

Fuente: CAP-4 NB 777:2015 <sup>1</sup>

**Tabla 4.8** Factores de demanda para tomacorrientes en edificios públicos

Tipo de edificio	Potencia a la cual es aplicado el factor de demanda, en W	Factor de demanda, en %
Sala de espectáculos	Potencia total	20
Bancos	Potencia total	70
Peluquerías y salones de belleza	Potencia total	80
Iglesias	Potencia total	20
Clubes	Potencia total	30
Juzgados y audiencias	Potencia total	40
Hospitales	50 000 o menos	40
	sobre 50 000	20
Hoteles	20 000 o menos	50
	Próximos a 80 000	40
	Exceso sobre 100 000	30
Habitaciones de hospedaje	10 000 o menos	50
	Próximos a 40 000	35
	Exceso sobre 50 000	25
Restaurantes	Potencia total	30
Escuelas	Potencia total	40

Fuente: CAP-4 NB 777:2015 <sup>2</sup>

<sup>1</sup> CAP-4, Diseño y construcción de instalaciones eléctricas interiores NB 777:2015

<sup>2</sup> CAP-4, Diseño y construcción de instalaciones eléctricas interiores NB 777:2015

La norma NB777 indica que la demanda máxima del edificio es la suma de las demandas máximas de iluminación, tomacorrientes y servicios generales.

En el caso de tomas de fuerzas consideramos lo que se indica en el punto 4.5 Instalaciones industriales de la NB777, donde se especifica que la demanda máxima en instalaciones industriales debe ser determinada de acuerdo a las exigencias de cada industria, en este caso un hospital de tercer nivel.

De acuerdo al tablero de distribución TD-11A (véase Tabla 4.6), realizando la suma de todas las potencias aparentes, se obtiene una potencia instalada de 40509 VA. Para calcular la potencia demandada se realiza dos cálculos diferentes, uno potencia demandada para el cálculo de alimentador del tablero y el otro será para calcular la potencia demandada del edificio para el cálculo del transformador y alimentador del edificio.

#### **4.1.4.1 Calculo de la potencia demandada del tablero para el cálculo del alimentador.**

Para este cálculo realizaremos la suma de los circuitos de iluminación y los circuitos de tomacorrientes lo que da igual a 36009 VA, como esta potencia es menor a 50 kVA lo multiplicaremos por 40%, según lo que indica las tablas 4.7 y 4.8 de la NB 777, obteniendo una potencia de 14404 VA. Seguidamente se analiza la potencia correspondiente a los puntos de fuerza, en el tablero TD-11A (Tabla 4.6) vemos que solo hay 1 punto de fuerza se trata de un punto de fuerza para una cocina en este se multiplica por el 100%, lo que da una potencia igual a 4500 VA, finalmente sumamos las potencias demandadas obtenidas anteriormente, resultando una potencia demandada total de 18904 VA

#### **4.1.4.2 Calculo de la potencia demandada para el cálculo del alimentador principal, generador y transformador**

Para este cálculo realizaremos la suma de los circuitos de iluminación y los circuitos de tomacorrientes que da una potencia igual a 36009 VA, debido a que este cálculo es par el alimentador principal, se obtiene el producto entre la potencia instalada y el factor de demanda del 20% según lo que indica las tablas 4,7 y 4,8 de la NB 777, el resultado de esto es igual 7202 VA. Ahora resta analizar los puntos de fuerza, en el tablero TD-11A (Tabla 4.6) vemos que solo hay 1 punto de fuerza, que corresponde al punto de fuerza de una cocina, en este caso de acuerdo a la norma NB 777 se multiplica por el 100%

obteniendo una potencia de 4500 VA, finalmente sumando las potencias demandadas obtenidas se obtiene un valor de 11702 VA, este último resultado se aplica para el cálculo de la potencia máxima demandada del edificio.

#### **4.1.5 CÁLCULO DE CONDUCTORES PARA TABLEROS DE DISTRIBUCIÓN**

En lo referente al cálculo de conductores, en el presente proyecto solo se valida si el conductor eléctrico tiene la capacidad de corriente adecuada para soportar las corrientes de las cargas a las cuales se suministra energía eléctrica, esto debido a que los tableros principales y de distribución ya cuentan con conductores debidamente instalados.

Los alimentadores están constituidos por los conductores de fase (A, B, C) y el conductor neutro (N), para potencias menores o iguales a 50 kVA se pueden conectar directamente a la red secundaria de distribución (acometida) y para potencias mayores a 50 kVA la conexión será del secundario del transformador hasta el tablero general.

Para el cálculo del conductor existen dos criterios que son los más utilizados para dimensionar el calibre de un conductor y son:

–**Capacidad de Conducción.**

–**Caída de Tensión.**

A continuación, se desarrolla el análisis para la determinación del calibre del conductor mediante ambos criterios:

##### **4.1.5.1 Cálculo de conductores por el criterio de capacidad de conducción**

La metodología permite determinar el calibre de los alimentadores, mediante un número de calibre de alambre americana (Nº AWG -American Wire Gage), o la sección en mm<sup>2</sup> si corresponde al sistema métrico.

- Para cada uno de los criterios se obtiene un calibre.
- El calibre seleccionado será el mayor de los anteriores indicados.
- Conocida la corriente eléctrica y utilizando información técnica de los catálogos se procede a seleccionar el calibre del conductor, estableciendo como requisito que:

$$I(\text{carga}) \leq I(\text{máxima corriente admisible del conductor})$$

**Tabla 4.9** Tabla de cables induscabos

AMPERAJE - COBRE AISLADO PVC= 70°C CON XLPE= 90°C NBR-5410							
Secciones Equivalentes		Amperaje - 3 conductores Unipolares instalados en:					
		ducto Embu Tipo en Albañilería		Directamente em la tierra		Bandeja Perforada	
AWG ou MCM	mm²	PVC	XLPE	PVC	XLPE	PVC	XLPE
14	1,5	15,5	20	18	22	18	22
12	2,5	21	28	24	29	25	30
10	4	28	37	31	37	34	42
8	6	36	48	39	46	45	55
6	10	50	66	52	61	63	77
4	16	68	88	67	79	85	105
2	25	89	117	86	101	114	141
1	35	110	144	103	122	143	176
1/0	50	134	175	122	144	174	216
3/0	70	171	222	151	178	225	279
250	95	207	269	179	211	275	342
300	120	239	312	203	240	321	400
350	150	275	358	230	271	372	464
500	185	314	408	258	304	427	533
600	240	370	481	297	351	507	634
800	300	426	553	336	396	587	736
	400	510	661	394	464	689	868
	500	587	760	445	525	789	996
Para 2 cables unipolares multiplicar amperaje por		1,12	1,135	1,12	1,19	≤16mm² - 1,11 ≥25mm² - PVC-1,14 XLPE-1,17	
AMBIENTE = 30°C		AMBIENTE = 30°C					

**Fuente:** Tabla del catálogo de INDUSCABOS

Para realizar la validación del calibre del conductor se utiliza el criterio de máxima capacidad de conducción, para lo cual, se debe determinar o calcular la corriente del circuito o corriente de la carga. Para dicho cálculo se recurre a las siguientes formulas:

Para circuitos trifásicos.

$$I_{Carga} = \frac{\text{Demanda Máxima (VA)}}{\sqrt{3} \cdot V}$$

Para circuitos monofásicos.

$$I_{Carga} = \frac{\text{Demanda Máxima (VA)}}{V}$$

En la Tabla 4.10 y Tabla 4.11 se muestra el cálculo de cable por capacidad de conducción desarrollado en el entorno de Microsoft Excel para comparar con la corriente nominal.

**Tabla 4.10** Cálculo de cable por capacidad de conducción

<b>CALCULO DE CABLE POR CAPACIDAD DE CONDUCCIÓN</b>									
<b>ALIMENTADORES DE TABLEROS DE DISTRIBUCION</b>									
Nº	Tablero	Sección	CONDUCTOR INDUCABO INSTALADO (mm2)	Corriente Admisible del conductor IDUSCABO SOBRE BANDEJA	V	Fases	Pdem x tablero	CALCULO DE CORRIENTE	VALIDACION DEL CABLE CUMPLE O NO CUMPLE
		AWG			v		VA		
1	TD-11A	4	25	114	380	3	18904	29	CUMPLE
2	TDE-11A	10	6	45	220	1	1158	5	CUMPLE
3	TD-11C	6	16	85	380	3	10641	16	CUMPLE
4	TDE-11C	10	6	45	380	3	1250	2	CUMPLE
5	TD-10A	2	35	143	380	3	21073	32	CUMPLE
6	TDE-10A	6	16	85	380	3	10724	16	CUMPLE
7	TD-10C	6	16	85	380	3	14139	22	CUMPLE
8	TDE-10C	8	10	63	380	3	4011	6	CUMPLE
9	TD-9A	6	16	85	380	3	12336	19	CUMPLE
10	TDE-9A	8	10	63	380	3	6756	10	CUMPLE
11	TD-9C	6	16	85	380	3	9585	15	CUMPLE
12	TDE-9C	8	10	63	380	3	4820	7	CUMPLE
13	TD-8A	6	16	85	380	3	13010	20	CUMPLE
14	TDE-8A	8	10	63	380	3	6007	9	CUMPLE
15	TD-8C	6	16	85	380	3	9505	14	CUMPLE
16	TDE-8C	8	10	63	380	3	5973	9	CUMPLE
17	TD-7A	6	16	85	380	3	12952	20	CUMPLE
18	TDE-7A	6	16	85	380	3	7607	12	CUMPLE
19	TD-7C	6	16	85	380	3	9505	14	CUMPLE
20	TDE-7C	8	10	63	380	3	4869	7	CUMPLE
21	TD-6A	6	16	85	380	3	11862	18	CUMPLE
22	TDE-6A	6	16	85	380	3	7386	11	CUMPLE
23	TD-6C	6	16	85	380	3	12594	19	CUMPLE
24	TDE-6C	8	10	63	380	3	5055	8	CUMPLE
25	TD-5A	6	16	85	380	3	11999	18	CUMPLE
26	TDE-5A	6	16	85	380	3	8520	13	CUMPLE
27	TD-5C	6	16	85	380	3	10640	16	CUMPLE
28	TDE-5C	8	10	63	380	3	3749	6	CUMPLE
29	TD-4A	6	16	85	380	3	11391	17	CUMPLE
30	TDE-4A	6	16	85	380	3	7527	11	CUMPLE
31	TD-4C	6	16	85	380	3	9041	14	CUMPLE
32	TDE-4C	8	10	63	380	3	5013	8	CUMPLE
33	TD-3A	6	16	85	380	3	11519	18	CUMPLE
34	TDE-3A	6	16	85	380	3	7687	12	CUMPLE
35	TD-3C	6	16	85	380	3	9041	14	CUMPLE
36	TDE-3C	8	10	63	380	3	5173	8	CUMPLE
37	TD-SP	8	10	63	380	3	2780	4	CUMPLE
38	TDE-SP	1/0	50	174	380	3	39270	60	CUMPLE
39	TD-A(1,2,3,4)	4	25	114	220	1	7000	32	CUMPLE
40	TDE-QC	6	16	85	380	3	11221	17	CUMPLE
41	TD-N	6	16	85	380	3	6669	10	CUMPLE
42	TDE-N	4	25	114	380	3	24085	37	CUMPLE
43	TD-Q	8	10	63	380	3	3149	5	CUMPLE
44	TDE-Q	2	35	143	380	3	29472	45	CUMPLE
45	TD-A(5,6,7)	4	25	114	220	1	5069	23	CUMPLE
46	TDE-GA	1/0	50	174	380	3	43743	67	CUMPLE
47	TD-EC	8	10	63	380	3	1854	3	CUMPLE
48	TDE-EC	1/0	50	174	380	3	36054	55	CUMPLE
49	TD-U	1/0	50	174	380	3	35981	55	CUMPLE
50	TDE-U	1/0	50	174	380	3	53368	81	CUMPLE

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 4.11** Calculo de cable por capacidad de conducción

CALCULO DE CABLE POR CAPACIDAD DE CONDUCCIÓN									
ALIMENTADORES DE TABLEROS DE DISTRIBUCION									
Nº	Tablero	Sección	CONDUCTOR INDUCABO INSTALADO (mm2)	Corriente Admisible del conductor IDUSCABO SOBRE BANDEJA	V	Fases	Pdem x tablero	CALCULO DE LA CORRIENTE	VALIDACION DEL CABLE CUMPLE O NO CUMPLE
		AWG			v				
51	TD-U2	2	35	143	380	3	28500	43	CUMPLE
52	TDE-U2	2	35	143	380	3	27869	42	CUMPLE
53	TD-LB	2	35	143	380	3	30177	46	CUMPLE
54	TDE-LB	2	35	143	380	3	27500	42	CUMPLE
55	TD-P	2	35	143	380	3	22880	35	CUMPLE
56	TDE-P	8	10	63	380	3	4463	7	CUMPLE
57	TD-AZ2	6	16	85	380	3	13516	21	CUMPLE
58	TDE-AZ2	10	6	45	220	1	897	4	CUMPLE
59	TDE-R	8	10	63	220	1	134	1	CUMPLE
60	TD-RX	2x(1/0)	100	348	380	3	92880	141	CUMPLE
61	TD-AZI	6	16	85	380	3	12863	20	CUMPLE
62	TDE-AZI	8	10	63	380	3	3370	5	CUMPLE
63	TD-G	6	16	85	380	3	17460	27	CUMPLE
64	TDE-G	6	16	85	380	3	7494	11	CUMPLE
65	TD-I	6	16	85	380	3	10319	16	CUMPLE
66	TDE-I	6	16	85	380	3	10665	16	CUMPLE
67	TD-BS	6	16	85	380	3	9999	15	CUMPLE
68	TDE-BS	6	16	85	380	3	15144	23	CUMPLE
69	TD-EM	4	25	114	380	3	25544	39	CUMPLE
70	TDE-EM	8	10	63	380	3	4036	6	CUMPLE
71	TD-L	2x(1/0)	100	348	380	3	92434	141	CUMPLE
72	TDE-L	10	6	45	220	1	2240	10	CUMPLE
73	TD-C	2	35	143	380	3	35478	54	CUMPLE
74	TDE-C	2	35	143	380	3	36223	55	CUMPLE
75	TD-IE	6	16	85	380	3	6002	9	CUMPLE
76	TDE-IE	10	6	45	220	1	270	1	CUMPLE
77	TD-V	6	16	85	380	3	8444	13	CUMPLE
78	TDE-V	6	16	85	220	1	4000	18	CUMPLE
79	TD-T	4	25	114	380	3	30498	46	CUMPLE
80	TDE-T	8	10	63	220	3	2240	10	CUMPLE
81	TD-M	1/0	50	174	380	3	43925	67	CUMPLE
82	TDE-M	2x(1/0)	100	348	380	3	80663	123	CUMPLE
83	TD-S2	10	6	45	380	3	4718	7	CUMPLE
84	TDE-S2	8	10	63	220	3	2720	4	CUMPLE
85	TD-D	10	6	45	380	3	8430	13	CUMPLE
86	TDE-D	12	4	34	220	3	1480	2	CUMPLE
87	TD-S3	10	6	45	380	3	5740	9	CUMPLE
88	TDE-S3	10	6	45	380	3	1040	2	CUMPLE
89	TDE-BA	4	25	114	380	3	16050	24	CUMPLE

Fuente: Elaboración propia

Vemos claramente que, en una primera instancia, todos los conductores cumplen con el primer criterio de capacidad de conducción de corriente, a continuación, se procede a validar el cable con el criterio de caída de tensión.

#### 4.1.5.2 Cálculo de conductores por el criterio de caída de tensión

Con este criterio también se dimensiona el calibre del conductor o simplemente verificamos la caída de tensión en los circuitos.

La norma NB 777 recomienda tomar en cuenta los siguientes límites:

- Alimentador primario: 2%
- Circuitos derivados, iluminación, tomacorrientes, fuerza: 3%
- TOTAL: 5%.

Para determinar la caída de tensión que se presenta en los circuitos, se utiliza las expresiones que se muestran a continuación:

Para el circuito trifásico.

$$S_{3\phi} = \sqrt{3} \rho \frac{100}{e(\%) V} \sum L_i I_i \cos \varphi_i$$
$$e(\%) = \sqrt{3} \rho \frac{100}{S_{3\phi} V_f} \sum L_i I_i \cos \varphi_i$$

Para circuitos monofásicos.

$$S_{1\phi} = \rho \frac{200}{e(\%) V_f} \sum L_i I_i \cos \varphi_i$$
$$e(\%) = \rho \frac{200}{S_{1\phi} V_f} \sum L_i I_i \cos \varphi_i$$

Aplicando las anteriores formulas mencionadas con la ayuda de la aplicación EXCEL de Microsoft. se calcula la caída de tensión que se presenta en cada circuito, así mismo, se verifica que la caída de tensión en los conductores existentes se encuentra dentro de los límites de caída de tensión establecidos en la normativa, por tanto, se puede afirmar que los conductores que se tienen instalados en los diferentes circuitos y tableros del hospital, cumplen con los requerimientos mínimos de conducción de corriente y caída de tensión, además, cabe mencionar que a raíz de los valores obtenidos mediante los criterios de capacidad de conducción y de caída de tensión, se puede evidenciar que los conductores instalados tienen un margen de seguridad bastante holgado.

**Tabla 4.12** Calculo de caídas de tensión

CALCULO DE CAIDAS DE TENSION											
ALIMENTADORES DE TABLEROS DE DISTRIBUCION											
Nº	TABLERO	SECCION $S_{AWG}$	CONDUCTOR INSTALADO $S_1$ o $S_2$ (mm2)	CORRIENTE ADMISIBLE DEL CONDUCTOR IDUSCABO SOBRE BANDEJA $I_i$ (A)	V (V)	FASES	S de m x tablero VA	FACTOR DE POTENCIA $\text{Cos}(\phi_i)$	CALCULO DE CORRIENTE $I_i$ (A)	LONGITUD $L_i$ (m)	CAIDA DE TENSION e%
1	TD-11A	4	25	114	380	3	18904	0,97	29	125	1,94%
2	TDE-11A	10	6	45	220	1	1158	0,90	5	125	1,75%
3	TD-11C	6	16	85	380	3	10641	0,97	16	120	1,63%
4	TDE-11C	10	6	45	380	3	1250	0,90	2	120	0,47%
5	TD-10A	2	35	143	380	3	21073	0,98	32	120	1,49%
6	TDE-10A	6	16	85	380	3	10724	0,94	16	136	1,79%
7	TD-10C	6	16	85	380	3	14139	0,96	22	126	2,26%
8	TDE-10C	8	10	63	380	3	4011	0,96	6	126	1,02%
9	TD-9A	6	16	85	380	3	12336	0,97	19	116	1,83%
10	TDE-9A	8	10	63	380	3	6756	0,96	10	132	1,80%
11	TD-9C	6	16	85	380	3	9585	0,99	15	122	1,52%
12	TDE-9C	8	10	63	380	3	4820	0,96	7	122	1,19%
13	TD-8A	6	16	85	380	3	13010	0,98	20	112	1,87%
14	TDE-8A	8	10	63	380	3	6007	0,98	9	112	1,38%
15	TD-8C	6	16	85	380	3	9505	0,98	14	118	1,45%
16	TDE-8C	8	10	63	380	3	5973	0,98	9	118	1,46%
17	TD-7A	6	16	85	380	3	12952	0,98	20	115	1,91%
18	TDE-7A	6	16	85	380	3	7607	0,98	12	124	1,22%
19	TD-7C	6	16	85	380	3	9505	0,98	14	114	1,40%
20	TDE-7C	8	10	63	380	3	4869	0,98	7	114	1,14%
21	TD-6A	6	16	85	380	3	11862	0,98	18	120	1,83%
22	TDE-6A	6	16	85	380	3	7386	0,98	11	120	1,14%
23	TD-6C	6	16	85	380	3	12594	0,99	19	110	1,80%
24	TDE-6C	8	10	63	380	3	5055	0,97	8	110	1,14%
25	TD-5A	6	16	85	380	3	11999	0,98	18	116	1,78%
26	TDE-5A	6	16	85	380	3	8520	0,98	13	116	1,28%
27	TD-5C	6	16	85	380	3	10640	0,98	16	106	1,46%
28	TDE-5C	8	10	63	380	3	3749	0,98	6	106	0,82%
29	TD-4A	6	16	85	380	3	11391	0,97	17	112	1,63%
30	TDE-4A	6	16	85	380	3	7527	0,98	11	112	1,09%
31	TD-4C	6	16	85	380	3	9041	0,98	14	102	1,19%
32	TDE-4C	8	10	63	380	3	5013	0,98	8	102	1,05%
33	TD-3A	6	16	85	380	3	11519	0,97	18	108	1,59%
34	TDE-3A	6	16	85	380	3	7687	0,98	12	108	1,07%
35	TD-3C	6	16	85	380	3	9041	0,98	14	95	1,11%
36	TDE-3C	8	10	63	380	3	5173	0,98	8	95	1,01%
37	TD-SP	8	10	63	380	3	2780	0,95	4	98	0,54%
38	TDE-SP	1/0	50	174	380	3	39270	0,93	60	98	1,51%
39	TD-A(1,2,3,4)	4	25	114	220	1	7000	0,96	32	98	1,99%
40	TDE-QC	6	16	85	380	3	11221	0,92	17	98	1,33%
41	TD-N	6	16	85	380	3	6669	0,98	10	98	0,84%
42	TDE-N	4	25	114	380	3	24085	0,98	37	98	1,95%
43	TD-Q	8	10	63	380	3	3149	0,97	5	98	0,63%
44	TDE-Q	2	35	143	380	3	29472	0,91	45	98	1,57%
45	TD-A(5,6,7 Ta)	4	25	114	220	1	5069	0,94	23	104	1,53%
46	TDE-GA	1/0	50	174	380	3	43743	0,90	67	85	1,41%
47	TD-EC	8	10	63	380	3	1854	0,92	3	85	0,31%
48	TDE-EC	1/0	50	174	380	3	36054	0,88	55	85	1,13%
49	TD-U	1/0	50	174	380	3	35981	0,96	55	85	1,23%
50	TDE-U	1/0	50	174	380	3	53368	0,90	81	85	1,72%

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 4.13** Calculo de caídas de tensión

CALCULO DE CAIDAS DE TENSION											
ALIMENTADORES DE TABLEROS DE DISTRIBUCION											
Nº	TABLERO	SECCION S <sub>0</sub> S <sub>0</sub> AWG	CONDUCTOR INDUCABO INSTALADO S <sub>0</sub> o S <sub>3</sub> (mm <sup>2</sup> )	CORRIENTE ADMISIBLE DEL CONDUCTOR IDUSCABO SOBRE BANDEJA I <sub>i</sub> (A)	V (V)	FASES	S <sub>dem</sub> x tablero VA	FACTOR DE POTENCIA Cos(φ <sub>i</sub> )	CALCULO DE CORRIENTE I <sub>i</sub> (A)	LONGITUD L <sub>i</sub> (m)	CAIDA DE TENSION e%
51	TD-U2	2	35	143	380	3	28500	0,92	43	85	1,34%
52	TDE-U2	2	35	143	380	3	27869	0,94	42	85	1,34%
53	TD-LB	2	35	143	380	3	30177	0,93	46	85	1,43%
54	TDE-LB	2	35	143	380	3	27500	0,94	42	85	1,32%
55	TD-P	2	35	143	380	3	22880	0,97	35	85	1,13%
56	TDE-P	8	10	63	380	3	4463	0,91	7	85	0,73%
57	TD-AZ2	6	16	85	380	3	13516	0,94	21	85	1,42%
58	TDE-AZ2	10	6	45	220	1	897	0,97	4	104	1,13%
59	TDE-R	8	10	63	220	1	134	1,00	1	104	0,10%
60	TD-RX	2x(1/0)	100	348	380	3	92880	0,85	141	86	1,43%
61	TD-AZ1	6	16	85	380	3	12863	0,95	20	86	1,37%
62	TDE-AZ1	8	10	63	380	3	3370	0,92	5	86	0,56%
63	TD-G	6	16	85	380	3	17460	0,93	27	86	1,83%
64	TDE-G	6	16	85	380	3	7494	0,96	11	86	0,81%
65	TD-I	6	16	85	380	3	10319	0,98	16	86	1,15%
66	TDE-I	6	16	85	380	3	10665	0,92	16	86	1,11%
67	TD-BS	6	16	85	380	3	9999	0,96	15	86	1,08%
68	TDE-BS	6	16	85	380	3	15144	0,95	23	86	1,62%
69	TD-EM	4	25	114	380	3	25544	0,95	39	76	1,56%
70	TDE-EM	8	10	63	380	3	4036	0,95	6	76	0,61%
71	TD-L	2x(1/0)	100	348	380	3	92434	0,98	141	76	1,45%
72	TDE-L	10	6	45	220	1	2240	0,95	10	70	1,89%
73	TD-C	2	35	143	380	3	35478	0,93	54	76	1,50%
74	TDE-C	2	35	143	380	3	36223	0,91	55	76	1,65%
75	TD-IE	6	16	85	380	3	6002	0,90	9	76	0,60%
76	TDE-IE	10	6	45	220	1	270	0,90	1	76	0,25%
77	TD-V	6	16	85	380	3	8444	0,96	13	82	0,87%
78	TDE-V	6	16	85	220	1	4000	0,92	18	82	1,49%
79	TD-T	4	25	114	380	3	30498	0,91	46	76	1,78%
80	TDE-T	8	10	63	220	3	2240	0,90	10	82	1,04%
81	TD-M	1/0	50	174	380	3	43925	0,85	67	82	1,29%
82	TDE-M	2x(1/0)	100	348	380	3	80663	0,90	123	60	0,92%
83	TD-S2	10	6	45	380	3	4718	0,90	7	60	0,89%
84	TDE-S2	8	10	63	220	3	2720	0,90	4	60	0,92%
85	TD-D	10	6	45	380	3	8430	0,90	13	60	1,59%
86	TDE-D	12	4	34	220	3	1480	0,90	2	60	1,25%
87	TD-S3	10	6	45	380	3	5740	0,92	9	60	1,11%
88	TDE-S3	10	6	45	380	3	1040	0,90	2	60	0,20%
89	TDE-BA	4	25	114	380	3	16050	0,90	24	60	0,73%

Fuente: Elaboración propia

#### 4.1.6 CALCULO TEORICO DEL GRUPO GENERADOR

En el edificio del hospital materno infantil se cuentan con dos generadores electrógenos, un generador respalda un grupo de carga que se encuentran alimentadas mediante el tablero TDG1 y el otro generador respalda el tablero TDG2, el generador que respalda el tablero TDG1 se encuentra fuera de servicio. La capacidad de potencia de ambos generadores es de 500 KVA, para la validación de las potencias instaladas de éstos, se los realiza con las cargas que se detallan en la Tabla 4.14 y Tabla 4.15 respectivamente.

**Tabla 4.14** Cuadro TDG1 Tablero de distribución Grupo 1

TDG1-GENERADOR 1 (500KVA)							380/220V-3φ-4hilos-50Hz
DESCRIPCION	POTENCIA (VA)			P (Dem.) (Kva)	PROTEC POL-AMP	CONDUCTOR	OBSERVACION
	FASE 1	FASE 2	FASE 3				
TRE-AA	18402	15338	13465	19	3P-100A	ALIMENTADOR: (3XN <sup>2</sup> AWG+ 1xN <sup>4</sup> AWG+G)TW,Cu,60°C-BANDEJA PORTACABLES	
TRE-SV	138385	138936	118561	225	3P-400A	ALIMENTADOR: 2x(3XN <sup>4</sup> /0AWG + 1xN <sup>3</sup> /0 AWG+G)TW,Cu,60°C-BANDEJA PORTACABLES	
TRE-EQ	58878	46493	56390	87	3P-175A	ALIMENTADOR: 2x(3XN <sup>2</sup> AWG + 1xN <sup>4</sup> AWG+G)TW,Cu,60°C-BANDEJA PORTACABLES	
RESERVA							
TOTAL GEN 1	156787	154274	132026	331	3P-530A	PROTECCION: In:800A, 3-polos, Icu:55kA, Ir:320-800A	Proteccion seteado a 530A para generador
						POTENCIA CON 20% DE	
						ALIMENTADORPRICIPAL :2x(3X500MCM + 1x300MCM)THW,Cu,70°C-BANDEJA PORTACABLE	La diferencia de 16.4KVA pueden ser provistas por el generador 2 para futuras ampliaciones
						PERDIDA POR ALTURA 30%	
						GEN. SELECCIONADO(KVA)	500

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 4.15** Cuadro TDG2 Tablero de distribución Grupo 2

TDG2-GENERADOR 2 (500 kVA)							380/220V-3φ-4hilos-50Hz
DESCRIPCION	POTENCIA (VA)			P (Dem.) (Kva)	PROTEC POL-AMP	CONDUCTOR	OBSERVACION
	FASE 1	FASE 2	FASE 3				
TPE-FF	80651	80651	80651	199	3P-350A	ALIMENTADOR: 2x(3XN <sup>3</sup> /0AWG + 1xN <sup>2</sup> /0 AWG+G)TW,Cu,60°C-BANDEJA PORTACABLES	
TRE-CR	86361	84083	75741	52	3P-150A	ALIMENTADOR: 2x(3XN <sup>2</sup> /0AWG + 1xN <sup>1</sup> /0 AWG+G)TW,Cu,60°C-BANDEJA PORTACABLES	
RESERVA							
TOTAL GEN 2	2319155	2284866	2035712	251	3P-530	PROTECCION: In:800A, 3-polos, Icu:55kA, Ir:320-800A	Proteccion seteado a 530A según calculos
						POTENCIA CON 20% DE	
						ALIMENTADOR:2x(3X500MCM + 1x300MCM)THW,Cu,70°C-BANDEJA PORTACABLE	
						PERDIDA POR ALTURA 30%	
						GEN. SELECCIONADO(KVA)	500

**Fuente:** Elaboración propia

Como se observa los cuadros de carga anteriores, tanto el generador 1 y el generador 2, tienen la capacidad para respaldar los tableros TDG1, TDG2 respectivamente, además, cabe mencionar que los generadores cuentan con un 20% de reserva para futuras ampliaciones, siempre y cuando ambos generadores se encuentren en perfecto estado de operatividad.

#### 4.1.7 CALCULO TEORICO DEL TRANSFORMADOR

Para realizar el cálculo de las potencias instaladas de los transformadores existentes, se realiza los cálculos de potencia demandada en función a las potencias de las cargas a las que se suministra energía eléctrica, de este modo validar la capacidad de la potencia instalada para cada transformador. A continuación, se muestran las tablas de cálculo de potencias:

#### Potencia instalada del transformador 1: 1 MVA

Tabla 4.16 Cuadro TPP1 Tablero de distribución

TDG1-GENERADOR 1 (500KVA)							380/220V-3φ-4hilos-50Hz	
DESCRIPCION	POTENCIA (VA)			P (Dem.) (Kva)	PROTEC POL-AMP	CONDUCTOR	OBSERVACION	
	FASE 1	FASE 2	FASE 3					
TRE-AA	18402	15338	13465	19	3P-100A	ALIMENTADOR: (3XN <sup>2</sup> AWG+ 1xN <sup>4</sup> AWG+G)TW,Cu,60°C-BANDEJA PORTACABLES		
TRE-SV	138385	138936	118561	225	3P-400A	ALIMENTADOR: 2x(3XN <sup>4</sup> /0AWG + 1xN <sup>3</sup> /0 AWG+G)TW,Cu,60°C-BANDEJA PORTACABLES		
TRE-EQ	58878	46493	56390	87	3P-175A	ALIMENTADOR: 2x(3XN <sup>2</sup> AWG + 1xN <sup>4</sup> AWG+G)TW,Cu,60°C-BANDEJA PORTACABLES		
RESERVA								
TOTAL GEN 1	156787	154274	132026	331	3P-530A	PROTECCION: In:800A, 3-polos, Icu:55kA, Ir:320-800A	Proteccion seteado a 530A para generador	
	POTENCIA CON 20% DE			397		ALIMENTADORPRICIPAL: 2x(3X500MCM + 1x300MCM)THW,Cu,70°C-BANDEJA PORTACABLE	La diferencia de 16.4KVA pueden ser provistas por el generador 2 para futuras ampliaciones	
	PERDIDA POR ALTURA 30%			516				
	GEN. SELECCIONADO(KVA)			500				
TN1							380/220V-3φ-4hilos-50Hz	
DESCRIPCION	POTENCIA (VA)			P (Dem.) (Kva)	PROTEC POL-AMP	CONDUCTOR	OBSERVACION	
	FASE 1	FASE 2	FASE 3					
TP-AA	59094	74946	63819	56	3P-150A	ALIMENTADOR: 2x(3XN <sup>3</sup> /0 AWG+ 1xN <sup>2</sup> /0 AWG+G)TW,Cu,60°C-BANDEJA PORTACABLES		
TP-M	24250	19250	19250	51	3P-150A	ALIMENTADOR: (3XN <sup>1</sup> /0AWG + 1xN <sup>1</sup> AWG+G)TW,Cu,60°C-BANDEJA PORTACABLES		
TP-SV	43044	42226	33312	61	3P-150A	ALIMENTADOR: (3XN <sup>2</sup> /0AWG + 1xN <sup>1</sup> /0 AWG+G)TW,Cu,60°C-BANDEJA PORTACABLES		
RESERVA								
TOTAL	498839	491464	436823	169	3P-450A	PROTECCION:In:630A, 3-polos, Icu:55kA, Ir:252-630A	Proteccion seteado a 450A según calculos	
						ALIMENTADOR:2x(3X500MCM + 1x400MCM)THW,Cu,70°C-BANDEJA PORTACABLE		
TPP1 TRANSFORMADOR 1							380/220V-3φ-4hilos-50Hz	
750KVA 12KV / 6.9KV								
DESCRIPCION	POTENCIA (VA)			P (Dem.) (Kva)	PROTEC POL-AMP	CONDUCTOR	OBSERVACION	
	FASE 1	FASE 2	FASE 3					
TDG1	156787	154274	132026	331	3P-530A	ALIMENTADORPRICIPAL: 2x(3X500MCM + 1x300MCM)THW,Cu,70°C-BANDEJA PORTACABLE		
TN1	498839	491464	436823	169	3P-450A	ALIMENTADOR:2x(3X500MCM + 1x400MCM)THW,Cu,70°C-BANDEJA PORTACABLE		
RESERVA								
TOTAL TRAF0 1	655626	645739	568849	500	3P-1140A	PROTECCION:In:1600A, 3-polos, Icu:55kA, Ir:640-1600A	Proteccion seteado a 1140A en funcion a transformador de 750kVA	
	POTENCIA CON 20% DE			599,49		ALIMENTADOR: 3x(3X1000MCM + 1x800MCM)THW,Cu,70°C-BANDEJA PORTACABLE		
	TRAF0. SELECCIONADO			750,00				

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la Tabla 4.16, el dimensionamiento realizado para la implementación y puesta en servicio del transformador 1 es correcto, además se puede evidenciar que se tiene una reserva del 20% para futuros crecimientos de la demanda, según lo recomendado por la norma NB777.

## Potencia instalada del transformador 2: 1MVA.

Tabla 4.17 Cuadro TPP2 Tablero de distribución

TDG2-GENERADOR 2 (500 kVA)							380/220V-3φ-4hilos-50Hz
DESCRIPCION	POTENCIA (VA)			P (Dem.) (Kva)	PROTEC POL-AMP	CONDUCTOR	OBSERVACION
	FASE 1	FASE 2	FASE 3				
TPE-FF	80651	80651	80651	199	3P-350A	ALIMENTADOR: 2x(3XN <sup>3</sup> /0AWG + 1xN <sup>2</sup> /0 AWG+G)TW,Cu,60°C-BANDEJA PORTACABLES	
TRE-CR	86361	84083	75741	52	3P-150A	ALIMENTADOR: 2x(3XN <sup>2</sup> /0AWG + 1xN <sup>1</sup> /0 AWG+G)TW,Cu,60°C-BANDEJA PORTACABLES	
RESERVA							
TOTAL GEN 2	2319155	2284866	2035712	251	3P-530	PROTECCION: In:800A, 3-polos, Icu:55kA, Ir:320-800A	Proteccion seteado a 530A según calculos
						ALIMENTADOR: 2x(3X500MCM + 1x300MCM)THW,Cu,70°C-BANDEJA PORTACABLE	
						PERDIDA POR ALTURA 30%	
						GEN. SELECCIONADO(KVA)	500
TN2							380/220V-3φ-4hilos-50Hz
DESCRIPCION	POTENCIA (VA)			P (Dem.) (Kva)	PROTEC POL-AMP	CONDUCTOR	OBSERVACION
	FASE 1	FASE 2	FASE 3				
TP-EQ	138171	145809	129499	247	3P-380A	ALIMENTADOR: 2x(3XN <sup>3</sup> 350MCM + 1xN <sup>3</sup> 300MCM+G)TW,Cu,60°C-BANDEJA PORTACABLES	
TP-CR	118086	112138	117754	136	3P-250A	ALIMENTADOR: 2x(3XN <sup>3</sup> 350MCM + 1xN <sup>3</sup> 300MCM+G)TW,Cu,60°C-BANDEJA PORTACABLES	
RESERVA							
TOTAL	4894567	4827679	4318677	384	3P-600A	PROTECCION:In:1250A, 3-polos, Icu:55kA, Ir:500-1250A	Proteccion seteado a 600A según
						ALIMENTADOR: 2x(3X800MCM + 1x600MCM)THW,Cu,70°C-BANDEJA PORTACABLE	
TPP2 TRANSFORMADOR 2							380/220V-3φ-4hilos-50Hz
750 kVA 12KV / 6.9KV							
DESCRIPCION	POTENCIA (VA)			P (Dem.) (Kva)	PROTEC POL-AMP	CONDUCTOR	OBSERVACION
	FASE 1	FASE 2	FASE 3				
TDG2	2319155	2284866	2035712	251	3P-530	ALIMENTADOR: 2x(3X500MCM + 1x300MCM)THW,Cu,70°C-BANDEJA PORTACABLE	
TN2	4894567	4827679	4318677	384	3P-600A	ALIMENTADOR: 2x(3X800MCM + 1x600MCM)THW,Cu,70°C-BANDEJA PORTACABLE	
RESERVA							
TOTAL TRAF0 2	7213722	7112544	6354388	635	3P-1140A	PROTECCION:In:1600A, 3-polos, Icu:55kA, Ir:640-1600A	Proteccion seteado a 1140A en funcion a transformador de 750kVA
						ALIMENTADOR: 3x(3X1000MCM + 1x800MCM)THW,Cu,70°C-BANDEJA PORTACABLE	provistas por el trafo 1 para futuras ampliaciones
						TRAFO. SELECCIONADO	750

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 4.17, se puede observar que la potencia instalada del transformador 2 es correcto, cabe mencionar que en el transformador se tenía una reserva del 20% para futuros crecimientos, esta potencia de reserva ya fue utilizada, debido en el piso 1 del hospital, se incorporó los tableros TD-U2 Y TDE-U2 con potencias de 24 y 27 kVA respectivamente, estos tableros fueron añadidos el año 2019 debido a que se hicieron aplicaciones en la unidad de terapia intensiva.

## Potencia instalada del transformador 3: 400 kVA.

Tabla 4. 18 Cuadro TPP2 Tablero de distribución

TPP3 TRANSFORMADOR 3							380/220V-3φ-4hilos-50Hz
300 kVA 12KV / 6.9KV							
DESCRIPCION	POTENCIA (VA)			P (Dem.) (Kva)	PROTEC POL-AMP	CONDUCTOR	OBSERVACION
	FASE 1	FASE 2	FASE 3				
TP-RX	103704	103704	103704	233	3P-360A	ALIMENTADOR: 2x(3x350MCM + 1x300MCM+G)TW,Cu,60°C-BANDEJA PORTACABLES	
RESERVA							
TOTAL TRAF0 3	103704	103704	103704	233	3P-460A	PROTECCION:In:630A, 3-polos, Icu:55kA, Ir:252-630A	Proteccion seteado a 460A en funcion a transformador de 300kVA
						ALIMENTADOR: 2x(3x350MCM + 1x300MCM+G)TW,Cu,60°C-BANDEJA PORTACABLES	
						POTENCIA CON 20% DE	280,00
						TRAFO. SELECCIONADO	300,00

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la Tabla 4.18, la potencia instalada del transformador 3 cuenta con un margen de reserva de potencia de más del 20%, por tanto, se puede afirmar que el dimensionamiento de la potencia instalada del transformador 3 es suficiente para abastecer de energía a todos los circuitos y cargas que se tienen acoplados al tablero de distribución.

#### 4.1.8 CALCULO TEORICO DEL UPS

Como se mencionó en el acápite 4.1.2.3 *Tablero de distribución de aplicación 2*, los UPS tienen la característica de suministrar energía eléctrica a cargas especiales que requieren una alta seguridad y confiabilidad, tales como los cuadros de carga que corresponde a los quirófanos tipo. Para el cálculo y la validación de lo UPS, se toma en consideración solo las cargas de los quirófanos de emergencia.

**Tabla 4.19** Tablero de quirófanos cesáreas

TABLERO DE DISTRIBUCION:		TD-A(1,2,3,4 Tableros tipo)										220V-1ϕ-2hilos-50Hz		
Piso 2 - Quirófanos Cesareas (Emergencia)														
Ter	Co.	DESCRIPCION	ILUMINACION CIALITICA	TOMACORRIENTES DOBLE	POTENCIA (W)	FACTOR DE POTENCIA	POTENCIA (VA)	POTENCIA (VA)	FASE 1	FASE 2	FASE 3	PROTEC	COND.	OBSERV.
			24	200	TOTAL									
1	1	Tomacorrientes		4	800	1	800	800				POL-AMP	3XN" 12 AWG-3/4" PVC	
2	2	Tomacorrientes		4	800	1	800	800				2P-20A	3XN" 12 AWG-3/4" PVC	
3	3	Tomacorrientes		5	1000	1	1000	1000				2P-20A	3XN" 12 AWG-3/4" PVC	
4	4	Iluminación Cialitica	3		120	0,9	133,33	120				2P-10A	2XN" 14 AWG-3/4" PVC	
5	5	Torre retráctil			4000	0,9	4444,44	4000				2P-30A	3XN" 10 AWG-3/4" PVC	
		TOTALES	3	13	6720		7177,78	6720		0	0	1P-63 Amp		FP= 0,94
		PI=						PI=	6720					FD1= 0,68
		PD(20%)=						PD(20%)=	4544					FD2= 0,76
								PD(40%)=	5088					

ALIMENTADOR: 2xN°6 + 1xN°8 AWG,TW,Cu - 1 1/2" PVC

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 4.20** Tablero de quirófanos

TABLERO DE DISTRIBUCION:		TD-A(5,6,7 Tableros tipo)										220V-1ϕ-2hilos-50Hz		
Piso 1 - Quirófanos (Emergencia)														
Ter	Co.	DESCRIPCION	ILUMINACION CIALITICA	TOMACORRIENTES DOBLE	POTENCIA (W)	FACTOR DE POTENCIA	POTENCIA (VA)	POTENCIA (VA)	FASE 1	FASE 2	FASE 3	PROTEC	COND.	OBSERV.
			24	200	TOTAL									
1	1	Tomacorrientes		4	800	1	800	800				POL-AMP	3XN" 12 AWG-3/4" PVC	
2	2	Tomacorrientes		4	800	1	800	800				2P-20A	3XN" 12 AWG-3/4" PVC	
3	3	Tomacorrientes		5	1000	1	1000	1000				2P-20A	3XN" 12 AWG-3/4" PVC	
4	4	Iluminación Cialitica	3		120	0,9	133,33	120				2P-10A	2XN" 14 AWG-3/4" PVC	
5	5	Torre retráctil			4000	0,9	4444,44	4000				2P-30A	3XN" 10 AWG-3/4" PVC	
		TOTALES	3	13	6720		7177,78	6720		0	0	1P-63 Amp		FP= 0,94
		PI=						PI=	6720					FD1= 0,68
		PD(20%)=						PD(20%)=	4544					FD2= 0,76
								PD(40%)=	5088					

ALIMENTADOR: 2xN°6 + 1xN°8 AWG,TW,Cu - 1 1/2" PVC

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 4.19 y Tabla 4.20 que corresponde a los tableros de quirófanos, se observa que la potencia demandada es de 5088 VA para ambos casos, aumentando un margen del 20% para reserva, se obtiene una potencia de 6105,6 VA, para cuestiones de corrección por altura superior a 1000 m sobre el nivel mar, la potencia de salida se reduce 1% por cada 100 m hasta un máximo de 4000 m. La altura sobre el nivel del mar de la ciudad de La Paz es de 3600 msnm, por lo tanto la reducción en la salida será de un 26%, es decir, se considera un incremento de un 26% a los 6105,6 VA, dando como resultado un valor de 7693,05 VA, normalizando este resultado al valor de potencia nominal disponible en catálogos de UPS, tenemos la potencia nominal del UPS de 10 kVA, que es el valor de potencia nominal del UPS más cercana para la potencia de la demanda calculada, entonces, los tableros de quirófanos deben estar respaldadas por un UPS DE 10 KVA monofásico ONLINE.

#### **4.1.9 CÁLCULO TEORICO DE PROTECCIONES**

Los equipos de protección son de vital importancia, ya que cumplen la importante función de proteger tanto a los conductores y las cargas a las que se alimenta, en este acápite realizaremos el cálculo y validación de las protecciones en cada tablero que cuenta el edificio del hospital materno infantil.

En la Tabla 4.21 y la Tabla 4.22 se muestran los resultados obtenidos para el cálculo y validación de protecciones correspondientes a cada uno de los tableros de distribución, donde claramente se puede evidenciar que se cumple la restricción de capacidad de conducción definida por la siguiente expresión:

$$I_{carga} < I_{proteccion} < I_{max\ conductor}$$

Consecuentemente, la selección de los dispositivos de protección para cada tablero y circuito son válidas, ya que estos interruptores termomagnéticos se encuentran dentro de los valores establecidos para brindar una protección efectiva a los circuitos y cargas a las que se encuentran conectados.

**Tabla 4.21** Calculo teórico de protecciones

CALCULO Y VALIDACIÓN DE PROTECCIONES							
Nº	TABLERO	FASES	Sdem x TABLERO VA	CALCULO DE CORRIENTE Ii (A)	ITERRUPTOR TERMOMAGNETICO (A)	CORRIENTE ADMISIBLE DEL CONDUCTOR IDUSCABO SOBRE BANDEJA Ii (A)	VALIDACION DE LA PROTECCION
1	TD-11A	3	18904	28,8	63	114	CUMPLE
2	TDE-11A	1	1158	5,3	32	45	CUMPLE
3	TD-11C	3	10641	16,2	50	85	CUMPLE
4	TDE-11C	3	1250	1,9	32	45	CUMPLE
5	TD-10A	3	21073	32,1	95	143	CUMPLE
6	TDE-10A	3	10724	16,3	50	85	CUMPLE
7	TD-10C	3	14139	21,5	50	85	CUMPLE
8	TDE-10C	3	4011	6,1	40	63	CUMPLE
9	TD-9A	3	12336	18,8	50	85	CUMPLE
10	TDE-9A	3	6756	10,3	40	63	CUMPLE
11	TD-9C	3	9585	14,6	50	85	CUMPLE
12	TDE-9C	3	4820	7,3	40	63	CUMPLE
13	TD-8A	3	13010	19,8	50	85	CUMPLE
14	TDE-8A	3	6007	9,1	40	63	CUMPLE
15	TD-8C	3	9505	14,5	50	85	CUMPLE
16	TDE-8C	3	5973	9,1	40	63	CUMPLE
17	TD-7A	3	12952	19,7	50	85	CUMPLE
18	TDE-7A	3	7607	11,6	50	85	CUMPLE
19	TD-7C	3	9505	14,5	50	85	CUMPLE
20	TDE-7C	3	4869	7,4	40	63	CUMPLE
21	TD-6A	3	11862	18,0	50	85	CUMPLE
22	TDE-6A	3	7386	11,2	50	85	CUMPLE
23	TD-6C	3	12594	19,2	50	85	CUMPLE
24	TDE-6C	3	5055	7,7	40	63	CUMPLE
25	TD-5A	3	11999	18,3	50	85	CUMPLE
26	TDE-5A	3	8520	13,0	50	85	CUMPLE
27	TD-5C	3	10640	16,2	50	85	CUMPLE
28	TDE-5C	3	3749	5,7	40	63	CUMPLE
29	TD-4A	3	11391	17,3	50	85	CUMPLE
30	TDE-4A	3	7527	11,4	50	85	CUMPLE
31	TD-4C	3	9041	13,8	50	85	CUMPLE
32	TDE-4C	3	5013	7,6	40	63	CUMPLE
33	TD-3A	3	11519	17,5	50	85	CUMPLE
34	TDE-3A	3	7687	11,7	50	85	CUMPLE
35	TD-3C	3	9041	13,8	50	85	CUMPLE
36	TDE-3C	3	5173	7,9	40	63	CUMPLE
37	TD-SP	3	2780	4,2	40	63	CUMPLE
38	TDE-SP	3	39270	59,7	125	174	CUMPLE
39	TD-A(1,2,3,4 Tableros tipo)	1	5088	23,1	63	114	CUMPLE
40	TDE-QC	3	11221	17,1	50	85	CUMPLE
41	TD-N	3	6669	10,1	50	85	CUMPLE
42	TDE-N	3	24085	36,6	63	114	CUMPLE
43	TD-Q	3	3149	4,8	40	63	CUMPLE
44	TDE-Q	3	29472	44,8	95	143	CUMPLE
45	TD-A(5,6,7 Tableros tipo)	1	5088	23,1	63	114	CUMPLE
46	TDE-GA	3	43769	66,6	125	174	CUMPLE
47	TD-EC	3	1854	2,8	40	63	CUMPLE
48	TDE-EC	3	36054	54,8	125	174	CUMPLE
49	TD-U	3	35981	54,7	125	174	CUMPLE
50	TDE-U	3	53368	81,2	125	174	CUMPLE

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 4.22** Calculo teórico de protecciones

CALCULO Y VALIDACIÓN DE PROTECCIONES							
Nº	TABLERO	FASES	Sdem x TABLERO VA	CALCULO DE CORRIENTE Ii (A)	INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO	CORRIENTE ADMISIBLE DEL CONDUCTOR IDUSCABO SOBRE BANDEJA Ii (A)	VALIDACION DE LA PROTECCION
51	TD-U2	3	28500	43,4	95	143	CUMPLE
52	TDE-U2	3	27869	42,4	95	143	CUMPLE
53	TD-LB	3	30177	45,9	95	143	CUMPLE
54	TDE-LB	3	27500	41,8	95	143	CUMPLE
55	TD-P	3	22880	34,8	95	143	CUMPLE
56	TDE-P	3	4463	6,8	40	63	CUMPLE
57	TD-AZ2	3	13516	20,6	50	85	CUMPLE
58	TDE-AZ2	1	897	4,1	32	45	CUMPLE
59	TDE-R	1	134	0,6	40	63	CUMPLE
60	TD-RX	3	92880	141,3	200	348	CUMPLE
61	TD-AZ1	3	12863	19,6	50	85	CUMPLE
62	TDE-AZ1	3	3370	5,1	40	63	CUMPLE
63	TD-G	3	17460	26,6	50	85	CUMPLE
64	TDE-G	3	7494	11,4	50	85	CUMPLE
65	TD-I	3	10319	15,7	50	85	CUMPLE
66	TDE-I	3	10665	16,2	50	85	CUMPLE
67	TD-BS	3	9999	15,2	50	85	CUMPLE
68	TDE-BS	3	15144	23,0	50	85	CUMPLE
69	TD-EM	3	25544	38,9	63	114	CUMPLE
70	TDE-EM	3	4036	6,1	40	63	CUMPLE
71	TD-L	3	92434	140,6	200	348	CUMPLE
72	TDE-L	1	2240	10,2	32	45	CUMPLE
73	TD-C	3	35478	54,0	95	143	CUMPLE
74	TDE-C	3	36223	55,1	95	143	CUMPLE
75	TD-IE	3	6002	9,1	50	85	CUMPLE
76	TDE-IE	1	270	1,2	32	45	CUMPLE
77	TD-V	3	8444	12,8	50	85	CUMPLE
78	TDE-V	1	4000	18,2	50	85	CUMPLE
79	TD-T	3	30498	46,4	63	114	CUMPLE
80	TDE-T	3	2240	10,2	40	63	CUMPLE
81	TD-M	3	43925	66,8	125	174	CUMPLE
82	TDE-M	3	80663	122,7	200	348	CUMPLE
83	TD-S2	3	4718	7,2	32	45	CUMPLE
84	TDE-S2	3	2720	4,1	40	63	CUMPLE
85	TD-D	3	8430	12,8	32	45	CUMPLE
86	TDE-D	3	1480	2,3	25	34	CUMPLE
87	TD-S3	3	5740	8,7	32	45	CUMPLE
88	TDE-S3	3	1040	1,6	32	45	CUMPLE
89	TDE-BA	3	16050	24,4	63	114	CUMPLE

Fuente: Elaboración propia

#### 4.1.10 CÁLCULO DE CORTOCIRCUITOS y SELECTIVIDAD ENTRE INTERRUPTORES PRINCIPALES

El objetivo del estudio de cortocircuito es calcular el valor máximo de la corriente de falla y su comportamiento durante el tiempo que permanece el mismo. Esto permite determinar el valor de la corriente que debe interrumpirse y conocer el esfuerzo al que son sometidos los equipos durante el tiempo transcurrido desde que se presenta la falla hasta que se interrumpe la circulación de la corriente.

En general, se puede mencionar que un estudio de cortocircuito sirve para:

- Determinar las capacidades interruptivas de los elementos de protección como son interruptores, fusibles, entre otros.
- Realizar la coordinación de los dispositivos de protección contra las corrientes de corto circuito.
- Permite realizar estudios térmicos y dinámicos que consideren los efectos de las corrientes de cortocircuito en algunos elementos de las instalaciones como son: sistemas de barras, tableros, cables, etc.

Para realizar el cálculo de cortocircuitos en los transformadores existentes y en los nuevos generadores, se aplican las siguientes formulas:

Corriente de cortocircuito trifásico:

$$I_{cc3} = \frac{U}{\sqrt{3} * Z_{cc}}$$

Corriente de cortocircuito monofásico:

$$I_{cc2} = \frac{U}{2 * Z_{cc}}$$

Corriente de cortocircuito trifásico con impedancia de falla:

$$I_{cc1} = \frac{U}{\sqrt{3} * (Z_{cc} + Z_h)}$$

Calculo de la impedancia de cortocircuito:

$$Z_{cc} = \sqrt{(\sum R)^2 + (\sum X)^2}$$

Donde:

$\sum R$  = suma de todas las resistencias en serie,

$\sum X$  = suma de todas las reactancias en serie.

Los datos de potencia y reactancia de los distintos transformadores se los obtiene de su respectiva placa característica, estos datos se muestran en la Tabla 4.23.

**Tabla 4.23** Datos de los equipos

EQUIPO	CAPACIDAD KVA	REACTANCIA EQUIVALENTE
TRANSFORMADOR 1 ACTUAL	1000KVA 12KVA/380V	6%
TRANSFORMADOR 2 ACTUAL	1000KVA 12KVA/380V	6%
GENERADOR ANTIGUO	500KVA 380V	0,15%
GENERADOR NUEVO	250KVA 380V	0,11%

**Fuente:** Elaboración propia

Para el cálculo de las corrientes de cortocircuitos y validación de los interruptores de caja moldeada se utiliza el programa MELSHORT 2, el cual es un software de uso libre, ya que no necesita de una cuenta como los programas de SIMARIS (siemens) o ECODIAL (Schneider), además de brindarnos una facilidad en el manejo. Para este análisis, solo se tomarán en cuenta la sala de tableros en los que la mayoría de los interruptores de caja moldeada son regulables (electrónicos) (véase anexo C)

En base a los resultados obtenidos, se llega a la conclusión de que los equipos de protección instalados en los tableros de distribución, cumplen con los requerimientos mínimos para brindar la protección necesaria frente a corto circuitos, pero cabe mencionar que es pertinente realizar ciertos ajustes para que exista selectividad entre interruptores, para esto utilizamos el programa MELSHORT 2, el cual nos proporciona los resultados gráficos y los valores de ajustes recomendados para que exista la selectividad entre estos dispositivos de protección. (Ver anexo C)

#### **4.1.11 TOMA DE MEDIDAS EN TABLEROS Y COMPARACIÓN CON LOS VALORES CALCULADOS.**

Para realizar la medición de los parámetros eléctricos en los tableros, se recurre a la utilización de un vatímetro que tiene las funcionalidades de medir corriente, voltaje y potencias, la toma de estas mediciones se los realiza en los horarios de mayor demanda, que están comprendidos en horarios laborales, para realizar la toma de estas mediciones se procede con sumo cuidado, manera de tal que no se afecte al funcionamiento normal de los ambientes del hospital.

las mediciones mostradas en la presente tabla, se los realiza en los días laborables de mayor consumo y en las horas de mayor demanda para el hospital que son éntrelas horas: 9:00 y 12:30 de la mañana

**Tabla 4. 24** Toma de medidas en tableros de distribución

TABLERO	FECHA	FASE	L1	L2	L3	L1	L2	L3	L1	L2	L3	Sum	L1	L2	L3	L1	L2	L3	L1	L2	L3	cos-phi	cos-phi	cos-phi
	[dd.mm.yr]	[hh:mm:ss]	[var]	[var]	[var]	[W]	[W]	[W]	[VA]	[VA]	[VA]	[VA]	[V]	[V]	[V]	[A]	[A]	[A]						
TDE - S3 (Sótano 3)	02.10.20	09:16:26	65,73	0,00	0,00	151,10	0,00	0,00	164,78	0,00	0,00	126,75	230,00	232,00	231,00	0,72	0,00	0,00	0,92	0,90	0,90			
TDE - V (Sótano 2)	02.10.20	09:25:36	285,22	0,00	0,00	565,94	0,00	0,00	633,75	0,00	0,00	487,50	230,00	232,00	231,00	2,76	0,00	0,00	0,89	0,89	0,89			
TDE - T (Sótano 2)	02.10.20	09:33:55	158,31	0,00	0,00	317,64	0,00	0,00	354,90	0,00	0,00	273,00	231,00	233,00	232,00	1,54	0,00	0,00	0,90	0,88	0,90			
TDE - S2 (Sótano 2)	02.10.20	09:43:05	0,00	0,00	308,69	0,00	0,00	586,76	0,00	0,00	663,00	663,00	230,00	233,00	231,00	0,00	0,00	2,87	0,88	0,91	0,89			
TDE - D (Sótano 2)	02.10.20	09:51:24	0,00	0,00	83,98	0,00	0,00	159,63	0,00	0,00	180,38	180,38	230,00	233,00	231,00	0,00	0,00	0,78	0,88	0,91	0,89			
TDE - BS (Sótano 1)	02.10.20	10:00:34	366,05	305,99	356,14	841,50	631,80	739,68	917,67	702,00	820,95	2228,85	230,00	232,00	231,00	3,99	3,03	3,55	0,92	0,90	0,90			
TDE - EM (Sótano 1)	02.10.20	10:08:53	136,91	175,01	166,92	271,65	339,78	327,60	304,20	382,20	367,67	983,87	230,00	232,00	231,00	1,32	1,65	1,59	0,89	0,89	0,89			
TDE - L (Sótano 1)	02.10.20	10:18:03	180,92	0,00	0,00	363,01	0,00	0,00	405,60	0,00	0,00	312,00	231,00	233,00	232,00	1,76	0,00	0,00	0,90	0,88	0,90			
TDE - C (Sótano 1)	02.10.20	10:26:22	824,76	644,17	672,53	1845,78	1345,82	1396,78	2021,66	1492,04	1550,25	4597,42	231,00	233,00	232,00	8,75	6,40	6,68	0,91	0,90	0,90			
TDE - LB (Zócalo 2)	02.10.20	10:35:32	1002,58	683,01	753,56	1820,94	1461,94	1432,37	2078,70	1613,63	1618,50	4831,13	229,00	231,00	229,00	9,12	6,99	7,07	0,88	0,91	0,89			
TDE - P (Zócalo 2)	02.10.20	10:43:51	635,75	329,28	313,73	1154,68	704,80	596,34	1318,13	777,92	673,83	2465,70	228,00	231,00	229,00	5,78	3,37	2,94	0,88	0,91	0,89			
TDE - Q (Piso 1)	02.10.20	09:05:57	2698,85	2181,46	2365,07	5741,40	3962,08	4426,51	6344,09	4522,93	5018,72	14421,71	229,00	231,00	229,00	27,70	19,58	21,92	0,91	0,88	0,88			
TDE - GA (Piso 1)	02.10.20	10:41:35	3388,11	2375,49	1584,89	6184,04	4876,28	2981,56	7051,36	5424,12	3376,62	14224,86	229,00	231,00	230,00	30,79	23,48	14,68	0,88	0,90	0,88			
TDE - EC (Piso 1)	02.10.20	09:14:07	3177,63	2809,41	1637,15	5799,87	5869,54	3033,20	6613,31	6507,25	3446,82	15041,23	229,00	231,00	230,00	28,88	28,17	14,99	0,88	0,90	0,88			
TDE - U (Piso 1)	02.10.20	09:23:26	3436,43	2725,26	2836,03	6894,96	5498,96	5176,37	7703,87	6137,24	5902,36	17965,64	229,00	231,00	230,00	33,64	26,57	25,66	0,90	0,90	0,88			
TDE - U2 (Piso 1)	02.10.20	09:31:36	1831,86	1402,77	1572,26	3675,50	2830,46	2869,72	4106,70	3159,00	3272,20	9590,20	229,00	231,00	230,00	17,93	13,68	14,23	0,90	0,90	0,88			
TDE - SP (Piso 2)	02.10.20	09:40:55	5124,92	3014,75	3039,23	9354,09	6298,53	5630,88	10666,01	6982,85	6398,73	21586,21	229,00	231,00	230,00	46,58	30,23	27,82	0,88	0,90	0,88			
TDE - QC (Piso 2)	02.10.20	11:03:48	924,41	855,69	880,36	1854,76	1726,58	1606,86	2072,36	1926,99	1832,22	5353,34	229,00	231,00	230,00	9,05	8,34	7,97	0,90	0,90	0,88			
TDE - N (Piso 2)	02.10.20	09:48:27	3596,72	2654,74	2609,75	7216,57	5356,65	4763,37	8063,20	5978,41	5431,43	17612,30	229,00	231,00	230,00	35,21	25,88	23,61	0,90	0,90	0,88			
TDE - IE (Sótano 1)	05.10.20	09:15:28	0,00	11,90	0,00	0,00	23,48	0,00	0,00	26,33	0,00	26,33	229,00	231,00	230,00	0,00	0,11	0,00	0,92	0,89	0,88			
TDE - AZ1 (Zócalo 1)	05.10.20	09:24:22	127,69	131,56	156,99	247,90	250,06	283,75	278,85	282,56	324,29	821,34	229,00	231,00	230,00	1,22	1,22	1,41	0,89	0,89	0,88			
TDE - G (Zócalo 1)	05.10.20	09:32:57	363,40	183,16	172,55	768,39	357,51	367,07	849,99	401,70	405,60	1461,14	228,00	230,00	229,00	3,73	1,75	1,77	0,90	0,89	0,91			
TDE - I (Zócalo 1)	05.10.20	09:41:51	357,65	218,99	141,02	756,24	427,45	300,01	836,55	480,29	331,50	1455,29	228,00	230,00	229,00	3,67	2,09	1,45	0,90	0,89	0,91			
TDE - AZ2 (Zócalo 2)	05.10.20	09:50:26	0,00	0,00	89,71	0,00	0,00	199,45	0,00	0,00	218,69	218,69	227,00	230,00	228,00	0,00	0,00	0,96	0,90	0,89	0,91			
TDE - R (Zócalo 2)	05.10.20	10:44:47	0,00	0,00	15,06	0,00	0,00	29,09	0,00	0,00	32,76	32,76	227,00	229,00	228,00	0,00	0,00	0,14	0,89	0,91	0,89			
TDE - 11A (Piso 11)	05.10.20	10:40:40	169,47	0,00	0,00	325,54	0,00	0,00	367,01	0,00	0,00	282,32	227,00	229,00	228,00	1,62	0,00	0,00	0,89	0,91	0,89			
TDE - 11C (Piso 11)	05.10.20	10:49:31	0,00	135,27	0,00	0,00	272,95	0,00	0,00	304,63	0,00	304,63	228,00	230,00	228,00	0,00	1,32	0,00	0,87	0,90	0,89			
TD - Q (Piso 1)	02.10.20	09:03:41	182,01	117,30	63,95	418,43	242,19	132,83	456,30	269,10	147,42	767,52	229,00	231,00	230,00	1,99	1,16	0,64	0,92	0,90	0,90			
TD - EC (Piso 1)	02.10.20	09:11:54	95,61	78,58	53,12	189,70	152,55	104,25	212,43	171,60	117,00	452,01	229,00	231,00	230,00	0,93	0,74	0,51	0,89	0,89	0,89			
TD - U (Piso 1)	02.10.20	09:21:10	1035,93	935,33	785,69	2203,78	1698,80	1470,51	2435,12	1939,28	1667,25	5479,70	230,00	232,00	230,00	10,59	8,36	7,25	0,91	0,88	0,88			
TD - U2 (Piso 1)	02.10.20	09:29:23	571,32	437,74	291,85	1313,40	903,83	606,15	1432,28	1004,25	672,75	2778,75	229,00	231,00	230,00	6,25	4,35	2,93	0,92	0,90	0,90			
TD - SP (Piso 2)	02.10.20	09:38:39	85,57	89,29	53,12	169,78	173,36	104,25	190,13	195,00	117,00	458,25	229,00	231,00	230,00	0,83	0,84	0,51	0,89	0,89	0,89			
TD - N (Piso 2)	02.10.20	09:46:52	310,37	259,39	248,11	660,26	471,12	464,37	729,57	537,81	526,50	1625,52	230,00	232,00	230,00	3,17	2,32	2,29	0,91	0,88	0,88			
TD - IE (Sótano 1)	05.10.20	09:11:54	0,00	522,07	0,00	0,00	1047,50	0,00	0,00	1170,39	0,00	1170,39	229,00	231,00	230,00	0,00	5,07	0,00	0,88	0,90	0,89			
TD - AZ1 (Zócalo 1)	05.10.20	09:21:10	550,84	570,39	432,09	1086,97	992,41	960,69	1218,57	1144,65	1053,39	3135,41	229,00	231,00	230,00	5,32	4,96	4,58	0,89	0,87	0,91			
TD - G (Zócalo 1)	05.10.20	09:29:23	724,45	712,14	677,23	1377,04	1326,09	1398,30	1555,98	1505,21	1553,66	4255,78	229,00	231,00	230,00	6,79	6,52	6,76	0,89	0,88	0,90			
TD - I (Zócalo 1)	05.10.20	09:38:39	563,47	357,06	378,41	1028,45	716,43	719,29	1172,69	800,48	812,76	2515,31	229,00	231,00	230,00	5,12	3,47	3,53	0,88	0,90	0,89			
TD - AZ2 (Zócalo 2)	05.10.20	09:46:52	471,41	379,00	319,95	869,02	691,76	711,36	988,65	788,78	780,00	2329,28	229,00	232,00	231,00	4,32	3,40	3,38	0,88	0,88	0,91			
TD - 11A (Piso 11)	05.10.20	09:53:52	654,56	629,10	596,96	1484,50	1283,95	1123,03	1622,40	1429,78	1271,83	3949,62	230,00	232,00	231,00	7,05	6,16	5,51	0,92	0,90	0,88			
TD - 11C (Piso 11)	05.10.20	09:55:34	375,96	211,55	357,97	852,66	417,46	659,91	931,87	468,00	750,75	1935,57	230,00	232,00	231,00	4,05	2,02	3,25	0,92	0,89	0,88			
TD - M (Sótano 2)	05.10.20	11:42:29	5530,91	5801,86	5132,50	11223,71	11086,08	11411,40	12512,50	12512,50	12512,50	40787,50	231,00	232,00	232,00	54,17	53,93	53,93	0,90	0,89	0,89			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4. 25 Toma de medidas en tableros de distribución

TABLERO	FECHA	FASE	L1	L2	L3	L1	L2	L3	L1	L2	L3	Sum	L1	L2	L3	L1	L2	L3	L1	L2	L3
		TIEMPO	Q	Q	Q	P	P	P	S	S	S	S	U	U	U	I	I	I	cos-phi	cos-phi	cos-phi
	[dd.mm.yr]	[hh:mm:ss]	[var]	[var]	[var]	[W]	[W]	[W]	[VA]	[VA]	[VA]	[VA]	[V]	[V]	[V]	[A]	[A]	[A]			
TDE - 3A (Piso 3)	01.10.20	09:03:41	173,98	128,96	130,27	323,98	281,24	250,22	367,74	309,40	282,10	874,37	226,00	228,00	227,00	1,63	1,36	1,24	0,88	0,91	0,89
TDE - 3C (Piso 3)	01.10.20	09:11:54	112,34	69,46	108,88	200,13	145,12	226,13	229,50	160,89	250,98	588,41	226,00	228,00	226,00	1,02	1,71	1,11	0,87	0,90	0,90
TDE - 4A (Piso 4)	01.10.20	09:21:10	214,08	98,27	120,51	400,67	222,86	233,96	454,27	243,56	263,17	856,17	226,00	228,00	226,00	2,01	0,71	1,16	0,88	0,92	0,89
TDE - 4C (Piso 4)	01.10.20	09:29:23	134,56	70,79	64,60	297,23	144,48	144,56	326,27	160,89	158,34	570,21	226,00	228,00	227,00	1,44	0,71	0,70	0,91	0,90	0,91
TDE - 5A (Piso 5)	01.10.20	09:38:39	178,37	176,99	118,19	327,18	359,16	256,15	372,65	400,40	282,10	969,15	226,00	228,00	227,00	1,65	1,76	1,24	0,88	0,90	0,91
TDE - 5C (Piso 5)	01.10.20	09:46:52	128,73	34,67	60,58	239,71	70,77	124,35	272,09	78,81	138,32	426,43	226,00	228,00	227,00	1,20	0,35	0,61	0,88	0,90	0,90
TDE - 6A (Piso 6)	01.10.20	09:56:08	124,92	148,75	126,51	232,62	305,35	269,14	264,05	339,66	297,39	840,16	226,00	228,00	226,00	1,17	1,49	1,32	0,88	0,90	0,91
TDE - 6C (Piso 6)	01.10.20	10:04:21	135,30	61,24	86,62	257,18	131,09	187,73	290,60	144,69	206,75	574,98	226,00	228,00	227,00	1,29	0,63	0,91	0,89	0,91	0,91
TDE - 7A (Piso 7)	01.10.20	10:13:37	181,34	164,50	86,08	337,68	335,74	176,71	383,29	373,87	196,56	865,27	226,00	228,00	227,00	1,70	1,64	0,87	0,88	0,90	0,90
TDE - 7C (Piso 7)	01.10.20	10:21:50	127,86	79,56	83,43	226,69	161,46	152,27	260,26	180,00	173,63	553,83	226,00	228,00	226,00	1,15	0,79	0,77	0,87	0,90	0,88
TDE - 8A (Piso 8)	01.10.20	10:31:06	84,51	116,03	124,65	164,06	257,98	226,39	184,55	282,87	258,44	683,27	225,00	227,00	226,00	0,82	1,25	1,14	0,89	0,91	0,88
TDE - 8C (Piso 8)	01.10.20	10:39:19	201,98	86,81	42,99	446,17	177,16	96,21	489,76	197,29	105,38	679,41	226,00	228,00	227,00	2,17	0,87	0,46	0,91	0,90	0,91
TDE - 9A (Piso 9)	01.10.20	10:48:35	159,85	113,49	106,75	293,22	230,31	231,36	333,96	256,76	254,80	768,45	226,00	228,00	227,00	1,48	1,13	1,12	0,88	0,90	0,91
TDE - 9C (Piso 9)	01.10.20	10:56:48	116,83	84,86	78,86	211,17	171,23	152,28	241,33	191,10	171,49	548,23	226,00	228,00	227,00	1,07	0,84	0,76	0,88	0,90	0,89
TDE - 10A (Piso 10)	01.10.20	11:06:04	199,34	150,12	114,67	376,95	331,60	227,54	426,41	364,00	254,80	946,81	226,00	228,00	226,00	1,89	1,60	1,13	0,88	0,91	0,89
TDE - 10C (Piso 10)	01.10.20	11:14:17	103,92	62,59	73,02	184,23	127,01	133,28	211,52	141,60	151,97	456,27	226,00	228,00	226,00	0,94	0,62	0,67	0,87	0,90	0,88
TDE - 8A (Sótano 3)	05.10.20	10:58:09	3636,03	2385,12	2707,03	6770,73	5409,25	5255,55	7685,28	5911,75	5911,75	17735,25	225,00	227,00	227,00	34,16	26,04	26,04	0,88	0,92	0,89
TDE - MGO (Sótano 2)	05.10.20	11:07:00	11740,65	8551,45	8992,50	22916,84	17866,03	17648,15	25749,26	19807,13	19807,13	59421,38	225,00	227,00	226,00	114,44	87,26	87,64	0,89	0,90	0,89
TDE - ASC Servicio (S.M)	05.10.20	11:15:51	3429,67	2981,92	3293,31	5995,10	6229,94	6071,08	6906,80	6906,80	6906,80	20720,41	226,00	228,00	227,00	30,56	30,29	30,43	0,87	0,90	0,88
TDE - ASC Publico (S.M)	05.10.20	11:24:48	1745,44	1611,86	1648,35	3201,63	3270,91	3252,68	3646,50	3646,50	3646,50	10939,50	226,00	228,00	227,00	16,13	15,99	16,06	0,88	0,90	0,89
TDE - ASC Camillas(S.M)	05.10.20	11:35:36	3543,18	3778,77	3525,60	7491,90	7375,88	7500,19	8287,50	8287,50	8287,50	24862,50	226,00	228,00	227,00	36,67	36,35	36,51	0,90	0,89	0,91
TD - 3A (Piso 3)	01.10.20	09:01:25	329,50	240,39	260,95	752,35	438,76	526,54	821,34	500,29	587,65	1719,74	226,00	228,00	227,00	3,63	2,19	2,59	0,92	0,88	0,90
TD - 3C (Piso 3)	01.10.20	09:09:41	286,86	179,21	152,64	553,95	328,72	324,71	623,81	374,40	358,80	1213,06	226,00	228,00	227,00	2,76	1,64	1,58	0,89	0,88	0,91
TD - 4A (Piso 4)	01.10.20	09:18:54	338,73	231,91	247,11	748,24	438,53	510,21	821,34	496,08	566,90	1694,78	226,00	228,00	226,00	3,63	2,18	2,51	0,91	0,88	0,90
TD - 4C (Piso 4)	01.10.20	09:27:10	162,10	177,13	240,85	327,08	329,85	503,19	365,04	374,40	557,86	1213,06	226,00	228,00	227,00	1,62	1,64	2,46	0,90	0,88	0,90
TD - 5A (Piso 5)	01.10.20	09:36:23	378,32	240,39	260,95	863,81	438,76	526,54	943,02	500,29	587,65	1813,34	226,00	228,00	227,00	4,17	2,19	2,59	0,92	0,88	0,90
TD - 5C (Piso 5)	01.10.20	09:44:39	292,08	332,29	145,54	564,03	609,51	309,61	635,17	694,20	342,11	1524,90	226,00	228,00	227,00	2,81	3,04	1,51	0,89	0,88	0,91
TD - 6A (Piso 6)	01.10.20	09:53:52	418,75	202,35	244,78	844,95	438,54	523,93	943,02	482,98	578,29	1786,67	226,00	228,00	227,00	4,17	2,12	2,55	0,90	0,91	0,91
TD - 6C (Piso 6)	01.10.20	10:02:08	378,62	292,79	281,12	731,15	537,05	598,04	823,37	611,68	660,82	1905,85	226,00	228,00	227,00	3,64	2,68	2,91	0,89	0,88	0,91
TD - 7A (Piso 7)	01.10.20	10:11:21	369,04	231,37	341,84	744,64	501,43	731,70	831,07	552,24	807,61	1999,14	226,00	228,00	227,00	3,68	2,42	3,56	0,90	0,91	0,91
TD - 7C (Piso 7)	01.10.20	10:19:37	227,54	238,34	163,97	430,26	500,93	336,59	486,72	554,74	374,40	1303,54	226,00	228,00	227,00	2,15	2,43	1,65	0,88	0,90	0,90
TD - 8A (Piso 8)	01.10.20	10:28:50	383,02	242,17	377,37	724,27	512,06	721,07	819,31	566,44	813,85	2010,53	226,00	228,00	227,00	3,63	2,48	3,59	0,88	0,90	0,89
TD - 8C (Piso 8)	01.10.20	10:37:06	216,13	156,86	234,81	436,10	339,96	502,59	486,72	374,40	554,74	1303,54	226,00	228,00	227,00	2,15	1,64	2,44	0,90	0,91	0,91
TD - 9A (Piso 9)	01.10.20	10:46:19	303,18	395,31	232,27	585,46	725,11	494,13	659,30	825,86	546,00	1879,02	226,00	228,00	227,00	2,92	3,62	2,41	0,89	0,88	0,91
TD - 9C (Piso 9)	01.10.20	10:54:35	331,94	156,86	156,49	669,78	339,96	334,97	747,52	374,40	369,72	1319,14	226,00	228,00	227,00	3,31	1,64	1,63	0,90	0,91	0,91
TD - 10A (Piso 10)	01.10.20	11:03:48	431,37	381,23	408,42	815,70	801,26	838,38	922,74	887,33	932,57	2529,70	226,00	228,00	227,00	4,08	3,89	4,11	0,88	0,90	0,90
TD - 10C (Piso 10)	01.10.20	11:12:04	488,25	246,71	253,10	923,27	521,65	483,62	1044,42	577,04	545,84	1926,29	226,00	228,00	227,00	4,62	2,53	2,40	0,88	0,90	0,89
TD - S3 (Sótano 3)	02.10.20	09:14:10	197,34	155,97	70,54	383,11	346,79	128,12	430,95	380,25	146,25	858,00	228,00	230,00	229,00	1,89	1,65	0,64	0,89	0,91	0,88
TD - V (Sótano 2)	02.10.20	09:23:23	309,14	348,34	113,52	682,89	710,95	254,06	749,60	791,70	278,27	1646,58	229,00	231,00	230,00	3,27	3,43	1,21	0,91	0,90	0,91
TD - T (Sótano 2)	02.10.20	09:31:39	702,56	484,34	500,00	1288,70	982,85	1083,61	1467,77	1095,71	1193,40	3418,16	229,00	231,00	230,00	6,41	4,74	5,19	0,88	0,90	0,91
TD - S2 (Sótano 2)	02.10.20	09:40:52	71,59	237,04	47,41	162,37	481,02	96,20	177,45	536,25	107,25	780,00	228,00	230,00	229,00	0,78	2,33	0,47	0,92	0,90	0,90
TD - D (Sótano 2)	02.10.20	09:49:08	327,21	294,63	306,61	615,56	604,80	615,20	697,13	672,75	687,38	1896,38	228,00	231,00	229,00	3,06	2,91	3,00	0,88	0,90	0,90
TD - B5 (Sótano 1)	02.10.20	09:58:21	504,74	312,39	253,35	949,53	641,27	532,48	1075,35	713,31	589,68	2130,18	228,00	231,00	229,00	4,72	3,09	2,58	0,88	0,90	0,90
TD - EM (Sótano 1)	02.10.20	10:06:37	825,76	608,33	569,09	1561,49	1256,05	1225,67	1766,39	1395,62	1351,35	4105,73	228,00	231,00	229,00	7,75	6,04	5,90	0,88	0,90	0,91
TD - L (Sótano 1)	02.10.20	10:15:50	2154,61	1380,76	1337,71	3819,92	3131,45	2794,80	4385,68	3422,35	3098,45	9894,40	228,00	231,00	230,00	19,24	14,82	13,47	0,87	0,92	0,90
TD - C (Sótano 1)	02.10.20	10:24:06	1118,06	737,84	676,59	1954,38	1497,27	1524,22	2251,59	1669,20	1667,64	5068,83	229,00	231,00	229,00	9,83	7,23	7,28	0,87	0,90	0,91
TD - LB (Zócalo 2)	02.10.20	10:33:19	1002,09	718,09	765,54	1820,05	1537,03	1455,15	2077,69	1696,50	1644,24	4938,96	228,00	231,00	229,00	9,11	7,34	7,18	0,88	0,91	0,89
TD - P (Zócalo 2)	02.10.20	10:41:35	2660,51	1767,99	1965,31	4832,16	3784,27	3735,67	5516,16	4176,90	4221,10	12644,20	228,00	231,00	229,00	24,19	18,08	18,43	0,88	0,91	0,89

En la Tabla 4.24 y Tabla 4.25 se muestran las mediciones de todos los tableros de distribución y la comparación con los valores teóricos calculados. Se observa que en todos los tableros de distribución las potencias medidas son menores a las potencias calculadas, a continuación, se muestra la tabla resumen donde comparamos las potencias calculadas según norma y las potencias medidas en horas de mayor demanda eléctrica.

**Tabla 4. 26** Comparación de potencia calculada y medida

TABLERO	POTENCIA	POTENCIA	TABLERO	POTENCIA	POTENCIA
	CALCULADA	MEDIDA		CALCULADA	MEDIDA
	[VA]	[VA]		[VA]	[VA]
TDE - S3 (Sótano 3)	1040,00	126,75	TDE - 3A (Piso 3)	3843,40	874,37
TDE - V (Sótano 2)	4000,00	487,50	TDE - 3C (Piso 3)	2586,40	588,41
TDE - T (Sótano 2)	2240,00	273,00	TDE - 4A (Piso 4)	3763,40	856,17
TDE - S2 (Sótano 2)	2720,00	663,00	TDE - 4C (Piso 4)	2506,40	570,21
TDE - D (Sótano 2)	1480,00	180,38	TDE - 5A (Piso 5)	4260,00	969,15
TDE - BS (Sótano 1)	12572,00	2228,85	TDE - 5C (Piso 5)	1874,40	426,43
TDE - EM (Sótano 1)	2018,20	983,87	TDE - 6A (Piso 6)	3693,00	840,16
TDE - L (Sótano 1)	2240,00	312,00	TDE - 6C (Piso 6)	2527,40	574,98
TDE - C (Sótano 1)	36223,00	4597,42	TDE - 7A (Piso 7)	3803,40	865,27
TDE - LB (Zócalo 2)	20150,00	4831,13	TDE - 7C (Piso 7)	2434,40	553,83
TDE - P (Zócalo 2)	2231,40	2465,70	TDE - 8A (Piso 8)	3003,40	683,27
TDE - Q (Piso 1)	22861,00	14421,71	TDE - 8C (Piso 8)	2986,40	679,41
TDE -GA (Piso 1)	43768,80	14224,86	TDE - 9A (Piso 9)	3377,80	768,45
TDE - EC (Piso 1)	30931,00	15041,23	TDE - 9C (Piso 9)	2409,80	548,23
TDE - U (Piso 1)	50684,20	17965,64	TDE - 10A (Piso 10)	7361,80	946,81
TDE - U2 (Piso 1)	27868,95	9590,20	TDE - 10C (Piso 10)	2005,60	456,27
TDE - SP (Piso 2)	27759,80	21586,21	TDE - BA (Sótano 3)	16050,00	17735,25
TDE - QC (Piso 2)	8860,40	5353,34	TDE - MGO (Sótano 2)	80662,50	59421,38
TDE - N (Piso 2)	12042,60	17612,30	TDE - ASC Servicio (S.M)	37503,00	20720,41
TDE - IE (Sótano 1)	270,00	26,33	TDE - ASC Publico (S.M)	19800,00	10939,50
TDE - AZ1 (Zócalo 1)	1684,80	821,34	TDE - ASC Camillas(S.M)	45000,00	24862,50
TDE - G (Zócalo 1)	4997,20	1461,14	TD - 3A (Piso 3)	8009,60	1719,74
TDE - I (Zócalo 1)	10665,20	1455,29	TD - 3C (Piso 3)	6870,40	1213,06
TDE - AZ2 (Zócalo 2)	448,60	218,69	TD - 4A (Piso 4)	7945,60	1694,78
TDE - R (Zócalo 2)	67,20	32,76	TD - 4C (Piso 4)	6870,40	1213,06
TDE - 11A (Piso 11)	579,11	282,32	TD - 5A (Piso 5)	8249,60	1813,34
TDE - 11C (Piso 11)	624,89	304,63	TD - 5C (Piso 5)	7670,00	1524,90
TD - Q (Piso 1)	1574,40	767,52	TD - 6A (Piso 6)	8181,20	1786,67
TD - EC (Piso 1)	927,20	452,01	TD - 6C (Piso 6)	8646,80	1905,85
TD - U (Piso 1)	29240,40	5479,70	TD - 7A (Piso 7)	8726,00	1999,14
TD - U2 (Piso 1)	24225,00	2778,75	TD - 7C (Piso 7)	7102,40	1303,54
TD - SP (Piso 2)	2140,00	458,25	TD - 8A (Piso 8)	8755,20	2010,53
TD - N (Piso 2)	3334,40	1625,52	TD - 8C (Piso 8)	7102,40	1303,54
TD - IE (Sótano 1)	6002,00	1170,39	TD - 9A (Piso 9)	8418,00	1879,02
TD - AZ1 (Zócalo 1)	6431,60	3135,41	TD - 9C (Piso 9)	7142,40	1319,14
TD - G (Zócalo 1)	8729,80	4255,78	TD - 10A (Piso 10)	17286,40	2529,70
TD - I (Zócalo 1)	5159,60	2515,31	TD - 10C (Piso 10)	9319,60	1926,29
TD - AZ2 (Zócalo 2)	10058,00	2329,28	TD - S3 (Sótano 3)	5740,18	858,00
TD - 11A (Piso 11)	11701,78	3949,62	TD - V (Sótano 2)	8444,00	1646,58
TD - 11C (Piso 11)	7570,40	1935,57	TD - T (Sótano 2)	30498,00	3418,16
TD - M (Sótano 2)	43925,00	40787,50	TD - S2 (Sótano 2)	4718,25	780,00
TD - L (Sótano 1)	89418,60	9894,40	TD - D (Sótano 2)	8430,00	1896,38
TD - C (Sótano 1)	35478,00	5068,83	TD - BS (Sótano 1)	6049,60	2130,18
TD - LB (Zócalo 2)	27251,20	4938,96	TD - EM (Sótano 1)	20022,00	4105,73
TD - P (Zócalo 2)	11440,00	10641,20			

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se muestra los valores medidos en los tableros principales que son directamente alimentados por los transformadores y generadores lo que confirman que los valores medidos son mucho menores a la capacidad que entregan los generadores y transformadores.

**Tabla 4. 27** Tabla de medida de potencias en tableros principales

TABLERO	FECHA	FASE	L1	L2	L3	Sum	L1	L2	L3	L1	L2	L3	L1	L2	L3
		TIEMPO	S	S	S	S	U	U	U	I	I	I	cos-phi	cos-phi	cos-phi
	[dd.mm.yr]	[hh:mm:ss]	[VA]	[VA]	[VA]	[VA]	[V]	[V]	[V]	[A]	[A]	[A]			
TDG1	05.10.20	11:35:00	63152,68	47102,07	41866,51	137547,56	232,00	234,00	232,00	278,17	205,63	183,69	0,89	0,90	0,89
TN1	05.10.20	11:48:00	25458,49	23936,81	21982,82	71640,58	231,00	233,00	232,00	112,05	104,17	96,31	0,90	0,89	0,89
TDG2	05.10.20	12:01:00	57383,59	48385,45	48005,89	144880,45	231,00	233,00	231,00	254,57	212,72	211,90	0,88	0,90	0,90
TN2	05.10.20	12:14:00	32569,65	25297,29	24169,81	74520,69	232,00	234,00	232,00	143,23	110,03	105,82	0,89	0,90	0,90

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 4.28, se muestra la tabla de medidas de tensión en salidas de los tableros principales de alimentación y en las entradas de los tableros de distribución de piso.

**Tabla 4. 28** Tabla de medidas para el cálculo de caídas de tensión

TABLERO	FECHA	TIEMPO	EN TABLERO PRINCIPAL			EN TABLERO DE DISTRIBUCION			CAIDA DE TENSION		
			L1	L2	L3	L1	L2	L3	L1	L2	L3
	[dd.mm.yr]	[hh:mm:ss]	[V]	[V]	[V]	[V]	[V]	[V]	%	%	%
TDE - S3 (Sótano 3)	02.10.20	09:16:26	232,00	234,00	232,00	230,00	232,00	231,00	0,86%	0,85%	0,43%
TDE - V (Sótano 2)	02.10.20	09:25:36	232,00	234,00	232,00	230,00	232,00	231,00	0,86%	0,85%	0,43%
TDE - T (Sótano 2)	02.10.20	09:33:55	232,00	234,00	232,00	231,00	233,00	232,00	0,43%	0,43%	0,00%
TDE - S2 (Sótano 2)	02.10.20	09:43:05	232,00	234,00	232,00	230,00	233,00	231,00	0,86%	0,43%	0,43%
TDE - D (Sótano 2)	02.10.20	09:51:24	232,00	234,00	232,00	230,00	233,00	231,00	0,86%	0,43%	0,43%
TDE - BS (Sótano 1)	02.10.20	10:00:34	232,00	234,00	232,00	230,00	232,00	231,00	0,86%	0,85%	0,43%
TDE - EM (Sótano 1)	02.10.20	10:08:53	232,00	234,00	232,00	230,00	232,00	231,00	0,86%	0,85%	0,43%
TDE - L (Sótano 1)	02.10.20	10:18:03	232,00	234,00	232,00	231,00	233,00	232,00	0,43%	0,43%	0,00%
TDE - C (Sótano 1)	02.10.20	10:26:22	232,00	234,00	232,00	231,00	233,00	232,00	0,43%	0,43%	0,00%
TDE - LB (Zócalo 2)	02.10.20	10:35:32	232,00	234,00	232,00	228,00	231,00	229,00	1,72%	1,28%	1,29%
TDE - P (Zócalo 2)	02.10.20	10:43:51	232,00	234,00	232,00	228,00	231,00	229,00	1,72%	1,28%	1,29%
TDE - Q (Piso 1)	02.10.20	09:05:57	232,00	234,00	232,00	229,00	231,00	229,00	1,29%	1,28%	1,29%
TDE - GA (Piso 1)	02.10.20	10:41:35	232,00	234,00	232,00	229,00	231,00	230,00	1,29%	1,28%	0,86%
TDE - EC (Piso 1)	02.10.20	09:14:07	232,00	234,00	232,00	229,00	231,00	230,00	1,29%	1,28%	0,86%
TDE - U (Piso 1)	02.10.20	09:23:26	232,00	234,00	232,00	229,00	231,00	230,00	1,29%	1,28%	0,86%
TDE - U2 (Piso 1)	02.10.20	09:31:36	232,00	234,00	232,00	229,00	231,00	230,00	1,29%	1,28%	0,86%
TDE - SP (Piso 2)	02.10.20	09:40:55	232,00	234,00	232,00	229,00	231,00	230,00	1,29%	1,28%	0,86%
TDE - QC (Piso 2)	02.10.20	11:03:48	232,00	234,00	232,00	229,00	231,00	230,00	1,29%	1,28%	0,86%
TDE - N (Piso 2)	02.10.20	09:48:27	232,00	234,00	232,00	229,00	231,00	230,00	1,29%	1,28%	0,86%
TDE - IE (Sótano 1)	05.10.20	09:15:28	232,00	234,00	232,00	229,00	231,00	230,00	1,29%	1,28%	0,86%
TDE - AZ1 (Zócalo 1)	05.10.20	09:24:22	232,00	234,00	232,00	229,00	231,00	230,00	1,29%	1,28%	0,86%
TDE - G (Zócalo 1)	05.10.20	09:32:57	232,00	234,00	232,00	228,00	230,00	229,00	1,72%	1,71%	1,29%
TDE - I (Zócalo 1)	05.10.20	09:41:51	232,00	234,00	232,00	228,00	230,00	229,00	1,72%	1,71%	1,29%
TDE - AZ2 (Zócalo 2)	05.10.20	09:50:26	232,00	234,00	232,00	227,00	230,00	228,00	2,16%	1,71%	1,72%
TDE - R (Zócalo 2)	05.10.20	10:44:47	232,00	234,00	232,00	227,00	229,00	228,00	2,16%	2,14%	1,72%
TDE - 11A (Piso 11)	05.10.20	10:40:40	232,00	234,00	232,00	227,00	229,00	228,00	2,16%	2,14%	1,72%
TDE - 11C (Piso 11)	05.10.20	10:49:31	232,00	234,00	232,00	228,00	230,00	228,00	1,72%	1,71%	1,72%
TD - Q (Piso 1)	02.10.20	09:03:41	231,00	233,00	232,00	229,00	231,00	230,00	0,87%	0,86%	0,86%
TD - EC (Piso 1)	02.10.20	09:11:54	231,00	233,00	232,00	229,00	231,00	230,00	0,87%	0,86%	0,86%
TD - U (Piso 1)	02.10.20	09:21:10	231,00	233,00	232,00	230,00	232,00	230,00	0,43%	0,43%	0,86%
TD - U2 (Piso 1)	02.10.20	09:29:23	231,00	233,00	232,00	229,00	231,00	230,00	0,87%	0,86%	0,86%
TD - SP (Piso 2)	02.10.20	09:38:39	231,00	233,00	232,00	229,00	231,00	230,00	0,87%	0,86%	0,86%
TD - N (Piso 2)	02.10.20	09:46:52	231,00	233,00	232,00	230,00	232,00	230,00	0,43%	0,43%	0,86%
TD - IE (Sótano 1)	05.10.20	09:11:54	231,00	233,00	232,00	229,00	231,00	230,00	0,87%	0,86%	0,86%
TD - AZ1 (Zócalo 1)	05.10.20	09:21:10	231,00	233,00	232,00	229,00	231,00	230,00	0,87%	0,86%	0,86%
TD - G (Zócalo 1)	05.10.20	09:29:23	231,00	233,00	232,00	229,00	231,00	230,00	0,87%	0,86%	0,86%
TD - I (Zócalo 1)	05.10.20	09:38:39	231,00	233,00	232,00	229,00	231,00	230,00	0,87%	0,86%	0,86%
TD - AZ2 (Zócalo 2)	05.10.20	09:46:52	231,00	233,00	232,00	229,00	232,00	231,00	0,87%	0,43%	0,43%
TD - 11A (Piso 11)	05.10.20	09:53:52	231,00	233,00	232,00	230,00	232,00	231,00	0,43%	0,43%	0,43%
TD - 11C (Piso 11)	05.10.20	09:55:34	231,00	233,00	232,00	230,00	232,00	231,00	0,43%	0,43%	0,43%
TD - M (Sótano 2)	05.10.20	11:42:29	231,00	233,00	232,00	231,00	232,00	232,00	0,00%	0,43%	0,00%

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 4. 29** Tabla de medidas para el cálculo de caídas de tensión

TABLERO	FECHA	FASE TIEMPO	EN TABLERO PRINCIPAL			EN TABLERO DE DISTRIBUCION			CAIDA DE TENSION		
			L1	L2	L3	L1	L2	L3	L1	L2	L3
			[V]	[V]	[V]	[V]	[V]	[V]	%	%	%
TDE - 3A (Piso 3)	01.10.20	09:03:41	231,00	233,00	231,00	229,00	231,00	230,00	0,87%	0,86%	0,43%
TDE - 3C (Piso 3)	01.10.20	09:11:54	231,00	233,00	231,00	229,00	231,00	229,00	0,87%	0,86%	0,87%
TDE - 4A (Piso 4)	01.10.20	09:21:10	231,00	233,00	231,00	229,00	231,00	229,00	0,87%	0,86%	0,87%
TDE - 4C (Piso 4)	01.10.20	09:29:23	231,00	233,00	231,00	229,00	231,00	230,00	0,87%	0,86%	0,43%
TDE - 5A (Piso 5)	01.10.20	09:38:39	231,00	233,00	231,00	229,00	231,00	230,00	0,87%	0,86%	0,43%
TDE - 5C (Piso 5)	01.10.20	09:46:52	231,00	233,00	231,00	229,00	231,00	230,00	0,87%	0,86%	0,43%
TDE - 6A (Piso 6)	01.10.20	09:56:08	231,00	233,00	231,00	229,00	231,00	229,00	0,87%	0,86%	0,87%
TDE - 6C (Piso 6)	01.10.20	10:04:21	231,00	233,00	231,00	229,00	231,00	230,00	0,87%	0,86%	0,43%
TDE - 7A (Piso 7)	01.10.20	10:13:37	231,00	233,00	231,00	229,00	231,00	230,00	0,87%	0,86%	0,43%
TDE - 7C (Piso 7)	01.10.20	10:21:50	231,00	233,00	231,00	229,00	231,00	229,00	0,87%	0,86%	0,87%
TDE - 8A (Piso 8)	01.10.20	10:31:06	231,00	233,00	231,00	228,00	230,00	229,00	1,30%	1,29%	0,87%
TDE - 8C (Piso 8)	01.10.20	10:39:19	231,00	233,00	231,00	229,00	231,00	230,00	0,87%	0,86%	0,43%
TDE - 9A (Piso 9)	01.10.20	10:48:35	231,00	233,00	231,00	229,00	231,00	230,00	0,87%	0,86%	0,43%
TDE - 9C (Piso 9)	01.10.20	10:56:48	231,00	233,00	231,00	229,00	231,00	230,00	0,87%	0,86%	0,43%
TDE - 10A (Piso 10)	01.10.20	11:06:04	231,00	233,00	231,00	229,00	231,00	229,00	0,87%	0,86%	0,87%
TDE - 10C (Piso 10)	01.10.20	11:14:17	231,00	233,00	231,00	229,00	231,00	229,00	0,87%	0,86%	0,87%
TDE - BA (Sótano 3)	05.10.20	10:58:09	231,00	233,00	231,00	228,00	230,00	230,00	1,30%	1,29%	0,43%
TDE - MGO (Sótano 2)	05.10.20	11:07:00	231,00	233,00	231,00	228,00	230,00	229,00	1,30%	1,29%	0,87%
TDE - ASC Servicio (S.M)	05.10.20	11:15:51	231,00	233,00	231,00	229,00	231,00	230,00	0,87%	0,86%	0,43%
TDE - ASC Publico (S.M)	05.10.20	11:24:48	231,00	233,00	231,00	229,00	231,00	230,00	0,87%	0,86%	0,43%
TDE - ASC Camillas(S.M)	05.10.20	11:35:36	231,00	233,00	231,00	229,00	231,00	230,00	0,87%	0,86%	0,43%
TD - 3A (Piso 3)	01.10.20	09:01:25	232,00	234,00	232,00	229,00	231,00	230,00	1,29%	1,28%	0,86%
TD - 3C (Piso 3)	01.10.20	09:09:41	232,00	234,00	232,00	229,00	231,00	230,00	1,29%	1,28%	0,86%
TD - 4A (Piso 4)	01.10.20	09:18:54	232,00	234,00	232,00	229,00	231,00	229,00	1,29%	1,28%	1,29%
TD - 4C (Piso 4)	01.10.20	09:27:10	232,00	234,00	232,00	229,00	231,00	230,00	1,29%	1,28%	0,86%
TD - 5A (Piso 5)	01.10.20	09:36:23	232,00	234,00	232,00	229,00	231,00	230,00	1,29%	1,28%	0,86%
TD - 5C (Piso 5)	01.10.20	09:44:39	232,00	234,00	232,00	229,00	231,00	230,00	1,29%	1,28%	0,86%
TD - 6A (Piso 6)	01.10.20	09:53:52	232,00	234,00	232,00	229,00	231,00	230,00	1,29%	1,28%	0,86%
TD - 6C (Piso 6)	01.10.20	10:02:08	232,00	234,00	232,00	229,00	231,00	230,00	1,29%	1,28%	0,86%
TD - 7A (Piso 7)	01.10.20	10:11:21	232,00	234,00	232,00	229,00	231,00	230,00	1,29%	1,28%	0,86%
TD - 7C (Piso 7)	01.10.20	10:19:37	232,00	234,00	232,00	229,00	231,00	230,00	1,29%	1,28%	0,86%
TD - 8A (Piso 8)	01.10.20	10:28:50	232,00	234,00	232,00	229,00	231,00	230,00	1,29%	1,28%	0,86%
TD - 8C (Piso 8)	01.10.20	10:37:06	232,00	234,00	232,00	229,00	231,00	230,00	1,29%	1,28%	0,86%
TD - 9A (Piso 9)	01.10.20	10:46:19	232,00	234,00	232,00	229,00	231,00	230,00	1,29%	1,28%	0,86%
TD - 9C (Piso 9)	01.10.20	10:54:35	232,00	234,00	232,00	229,00	231,00	230,00	1,29%	1,28%	0,86%
TD - 10A (Piso 10)	01.10.20	11:03:48	232,00	234,00	232,00	229,00	231,00	230,00	1,29%	1,28%	0,86%
TD - 10C (Piso 10)	01.10.20	11:12:04	232,00	234,00	232,00	229,00	231,00	230,00	1,29%	1,28%	0,86%
TD - S3 (Sótano 3)	02.10.20	09:14:10	232,00	234,00	232,00	231,00	233,00	232,00	0,43%	0,43%	0,00%
TD - V (Sótano 2)	02.10.20	09:23:23	232,00	234,00	232,00	232,00	234,00	232,00	0,00%	0,00%	0,00%
TD - T (Sótano 2)	02.10.20	09:31:39	232,00	234,00	232,00	232,00	234,00	231,00	0,00%	0,00%	0,43%
TD - S2 (Sótano 2)	02.10.20	09:40:52	232,00	234,00	232,00	231,00	233,00	232,00	0,43%	0,43%	0,00%
TD - D (Sótano 2)	02.10.20	09:49:08	232,00	234,00	232,00	231,00	234,00	232,00	0,43%	0,00%	0,00%
TD - BS (Sótano 1)	02.10.20	09:58:21	232,00	234,00	232,00	231,00	234,00	232,00	0,43%	0,00%	0,00%
TD - EM (Sótano 1)	02.10.20	10:06:37	232,00	234,00	232,00	231,00	234,00	232,00	0,43%	0,00%	0,00%
TD - L (Sótano 1)	02.10.20	10:15:50	232,00	234,00	232,00	231,00	234,00	233,00	0,43%	0,00%	-0,43%
TD - C (Sótano 1)	02.10.20	10:24:06	232,00	234,00	232,00	232,00	234,00	232,00	0,00%	0,00%	0,00%
TD - LB (Zócalo 2)	02.10.20	10:33:19	232,00	234,00	232,00	231,00	234,00	232,00	0,43%	0,00%	0,00%
TD - P (Zócalo 2)	02.10.20	10:41:35	232,00	234,00	232,00	231,00	234,00	232,00	0,43%	0,00%	0,00%

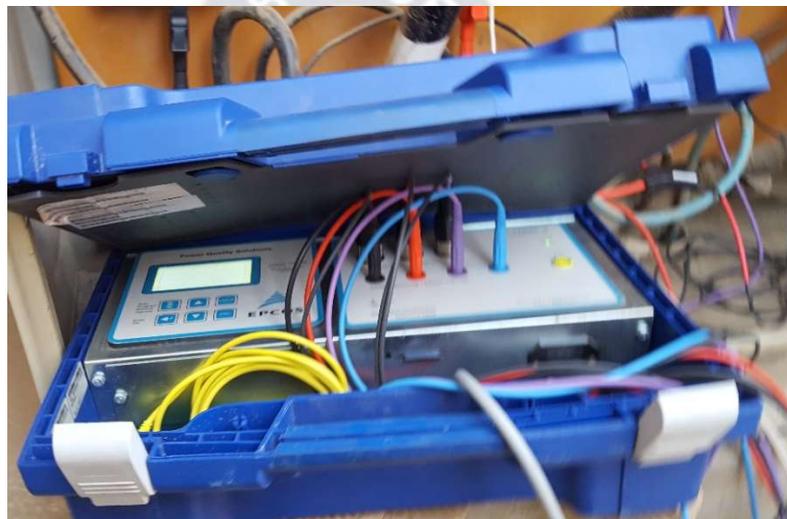
**Fuente:** Elaboración propia

En la Tabla 4.28 y la Tabla 4.29 se observa que las caídas de tensión que se presentan en los conductores, desde el tablero principal hasta tablero de distribución, son menores al 2%, hecho que demuestra que se cumple los límites de caída de tensión especificados en la norma NB 777.

#### 4.1.12 TOMA DE MEDICIONES PARA EL ANÁLISIS DE ARMÓNICOS EN LAS SALIDAS DEL TRANSFORMADOR 1 Y 2

Para ver el comportamiento de la carga eléctrica del hospital, se utiliza un analizador de redes conectado en las salidas de los dos transformadores que alimentan el hospital, esta toma de medidas se las realiza en el lapso de dos días, un día para cada transformador, aclarar que las mediciones tomadas, corresponden a días laborables (lunes y martes). en el presente proyecto, todas las mediciones son tomadas con la ayuda del analizador de redes EPCOS MC 7000-3 de la línea de SIEMENS.

**Figura 4. 1** Analizador de redes EPCOS



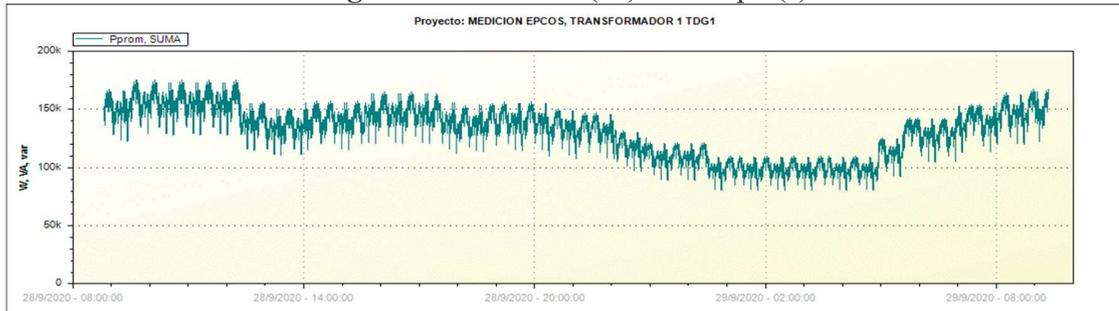
**Fuente:** Elaboración propia

##### 4.1.12.1 Medición de datos en el Transformador 1

En la figura 4.2 se observa el comportamiento del consumo de la potencia eléctrica en el tablero TDG1, el cual es alimentado por el transformador 1, donde se puede evidenciar que la mayor demanda de energía se da entre las horas 7:00 a 12:30 y que el mínimo consumo de energía está comprendido entre las horas 00:00 a 5:00. El consumo de energía reactiva (VAr), tiene un comportamiento similar (Figura 4.3)

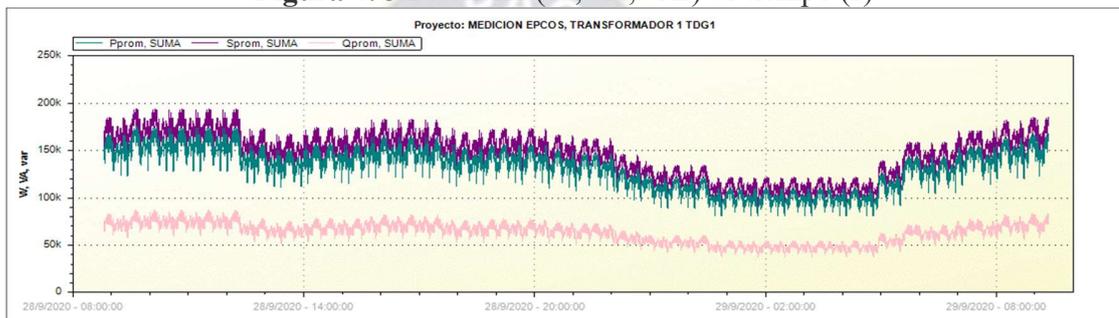
En la Figura 4.3, se muestra la variación del factor de potencia a lo largo del día, oscilando alrededor de un valor promedio de 0,9 (inductivo)

**Figura 4. 2 Potencia (W) vs tiempo (s)**



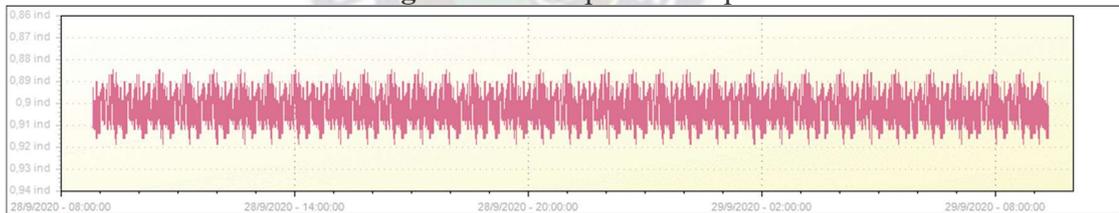
Fuente: Elaboración propia

**Figura 4. 3 Potencias (W,VA,VAR) vs tiempo (s)**



Fuente: Elaboración propia

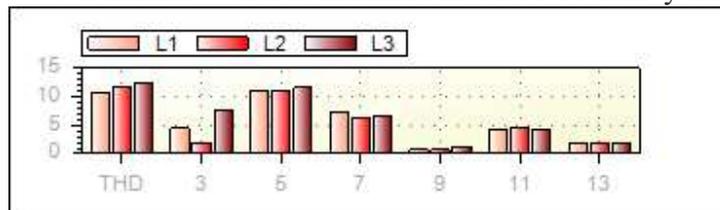
**Figura 4. 4 Cos-phi vs tiempo**



Fuente: Elaboración propia

El analizador de redes cuenta con la función de medir la tasa de armónicos de corrientes y voltajes THDI y TDHV en sistemas eléctricos de baja tensión, y en función a los resultados obtenidos, se determina si es necesario la incorporación de filtros capacitivos.

**Figura 4. 5 Corriente: Valores máximos medidos de THD y armónicos**



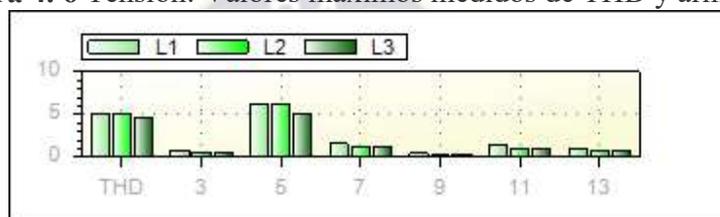
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 4. 30** Corriente: Valores máximos medidos de THD y armónicos

	<b>THD</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>7</b>	<b>9</b>	<b>11</b>	<b>13</b>
<b>L1</b>	10,90%	4,50%	11,20%	7,20%	0,70%	4,40%	1,90%
<b>L2</b>	11,70%	1,90%	11,10%	6,40%	0,70%	4,60%	2,00%
<b>L3</b>	12,50%	7,80%	11,60%	6,60%	1,30%	4,30%	2,00%
<b>máx.</b>	12,50%	7,80%	11,60%	7,20%	1,30%	4,60%	2,00%

Fuente: Elaboración propia

**Figura 4. 6** Tensión: Valores máximos medidos de THD y armónicos



Fuente: Elaboración propia

**Tabla 4. 31** Tensión: Valores máximos medidos de THD y armónicos

	<b>THD</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>7</b>	<b>9</b>	<b>11</b>	<b>13</b>
<b>L1</b>	5,10%	0,80%	6,30%	1,60%	0,50%	1,50%	1,10%
<b>L2</b>	5,20%	0,60%	6,20%	1,20%	0,30%	1,10%	0,80%
<b>L3</b>	4,60%	0,60%	5,20%	1,30%	0,40%	1,00%	0,70%
<b>Max</b>	5,20%	0,80%	6,30%	1,60%	0,50%	1,50%	1,10%

Fuente: Elaboración propia

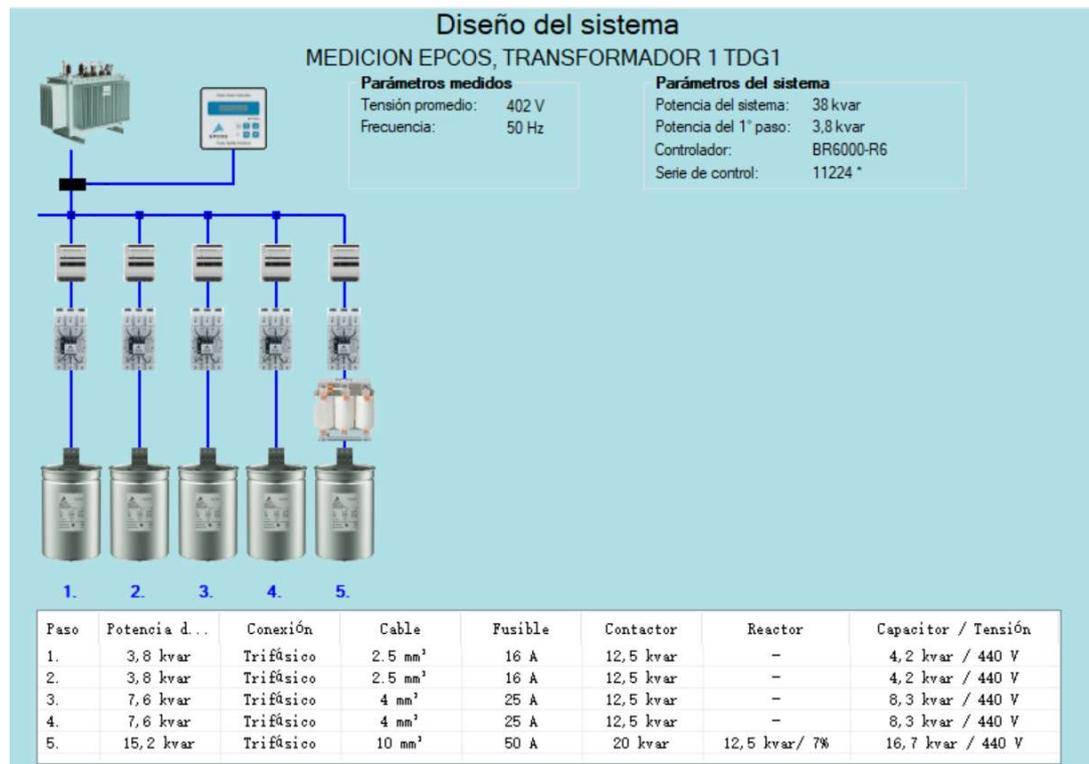
En la Figura 4.5 se puede observar los valores de la distorsión armónica en corriente medidos por el analizador de redes, donde se evidencia que existe un elevado porcentaje de armónicos de 5to orden. La tabla 4.30, muestra los valores de porcentaje de armónicos de corriente presentes desde el armónico de orden 3 hasta el orden 13.

De modo similar, en la Figura 4.6 se observa los valores de la distorsión armónica en voltaje que son medidos por el analizador de redes, donde se puede verificar que es predominante la presencia del armónico de 5to orden. La tabla 4.31, muestra los valores de porcentaje de armónicos en voltaje presentes desde la el orden 3 hasta el armónico de orden 13.

Según los resultados obtenidos en ambos casos (THDI y THDV) para el transformador 1, podemos observar que hay una distorsión predominante en el 5to armónico lo que da lugar al requerimiento de incorporar un banco de capacitores. Para dimensionar el banco de

capacitores requerido, se utiliza el programa del analizador de redes EPCOS, que tiene la herramienta de dimensionar el diagrama y accesorios del banco de capacitores (ver figura 4.7), todos los detalles concernientes al banco de filtro de armónicos, se lo desarrolla en la propuesta para el mejoramiento del sistema eléctrico del hospital.

**Figura 4. 7** Diseño del banco de capacitores para el tablero TDG1



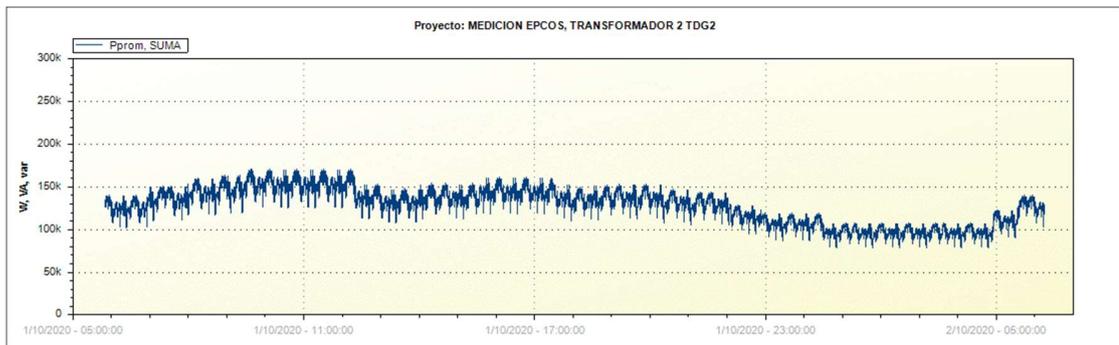
**Fuente:** Elaboración propia

#### 4.1.12.1 Medición de datos en el Transformador 2

En la figura 4.8 se observa el comportamiento del consumo eléctrico en tablero TDG2 que es alimentado por el transformador 2, se observa que la mayor demanda se presenta entre las horas 7:00 a 12:30 y que el mínimo consumo, entre las horas 00:00 a 5:00. De forma similar, el consumo de la potencia reactiva tiene un comportamiento similar al de la potencia activa (Figura 4.9).

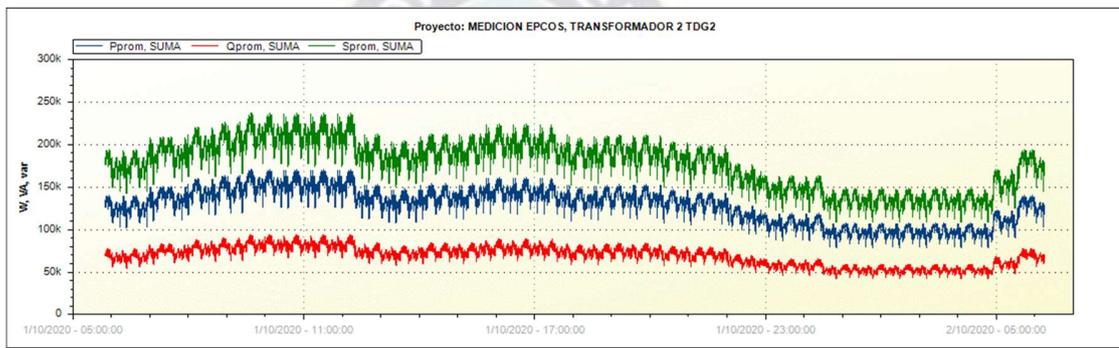
Respecto al factor de potencia medido por el analizador de redes, a diferencia de los resultados obtenidos para el transformador 1, en las mediciones del factor de potencia obtenidas para el transformador 2 (Figura 4.10), es relativamente bajo, oscilando en un promedio de 0.88 (inductivo)

**Figura 4. 8** Potencia (W) vs tiempo (s)



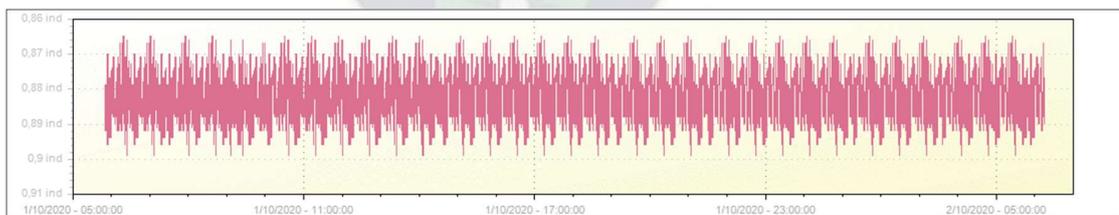
Fuente: Elaboración propia

**Figura 4. 9** Potencias (W,VA,VAR) vs tiempo (s)



Fuente: Elaboración propia

**Figura 4. 10** Cos-phi vs tiempo



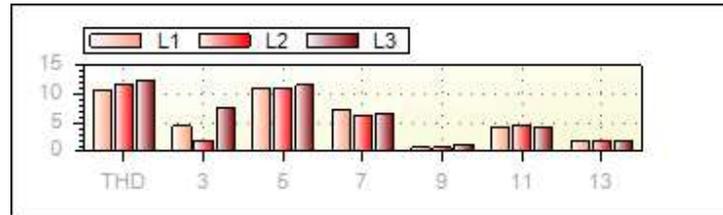
Fuente: Elaboración propia

En la Figura 4.11 se puede observar los valores de la distorsión armónica en corriente medidos por el analizador de redes, donde se evidencia que existe un elevado porcentaje de armónicos de 5to orden seguido del armónico de orden 7. La tabla 4.32, muestra los valores de porcentaje de armónicos de corriente medidos en el transformador 2, desde el armónico de orden 3 hasta el orden 13.

De modo similar, en la Figura 4.12 se observa los valores de la distorsión armónica en voltaje que son medidos por el analizador de redes, donde, al igual que en el anterior caso,

se observa que es predominante la presencia del armónico de 5to orden. La tabla 4.33, muestra los valores en porcentaje de armónicos en voltaje presentes desde el armónico de orden 3 hasta el armónico de orden 13.

**Figura 4. 11** Corriente: Valores máximos medidos de THD y armónicos



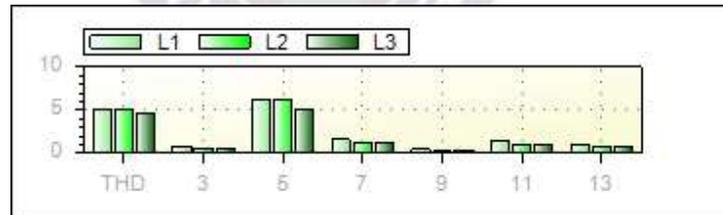
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 4. 32** Corriente: Valores máximos medidos de THD y armónicos

	THD	3	5	7	9	11	13
<b>L1</b>	11,80%	5,40%	12,10%	8,10%	1,60%	5,30%	2,80%
<b>L2</b>	12,60%	2,80%	12,00%	7,30%	1,60%	5,50%	2,90%
<b>L3</b>	13,40%	8,70%	12,50%	7,50%	2,20%	5,20%	2,90%
<b>max</b>	13,40%	8,70%	12,50%	8,10%	2,20%	5,50%	2,90%

Fuente: Elaboración propia

**Figura 4. 12** Tensión: Valores máximos medidos de THD y armónicos



Fuente: Elaboración propia

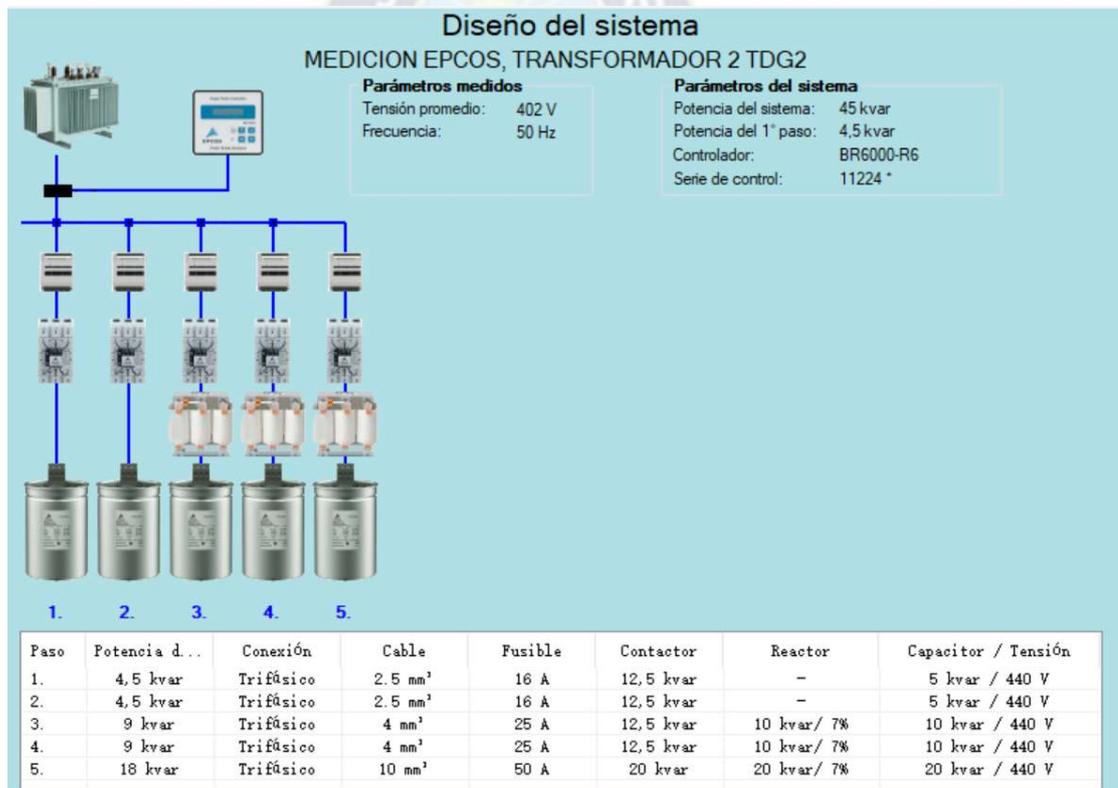
**Tabla 4. 33** Tensión: Valores máximos medidos de THD y armónicos

	THD	3	5	7	9	11	13
<b>L1</b>	5,70%	1,40%	6,90%	2,20%	1,10%	2,10%	1,70%
<b>L2</b>	5,80%	1,20%	6,80%	1,80%	0,90%	1,70%	1,40%
<b>L3</b>	5,20%	1,20%	5,80%	1,90%	1,00%	1,60%	1,30%
<b>max</b>	5,80%	1,40%	6,90%	2,20%	1,10%	2,10%	1,70%

Fuente: Elaboración propia

En base a los resultados obtenidos en ambos casos (THDI y THDV) para el transformador 2, se puede evidenciar que hay una distorsión predominante en el 5to armónico lo que da lugar al requerimiento de incorporar un banco de capacitores. Para dimensionar el banco de capacitores requerido para el transformador 2, al igual que en el caso del transformador 1, se utiliza el programa del analizador de redes EPCOS, obteniendo el diagrama y accesorios del banco de capacitores (ver figura 4.13), todos los detalles concernientes al banco de filtro de armónicos, se lo desarrolla en la propuesta para el mejoramiento del sistema eléctrico del hospital materno infantil.

**Figura 4. 13** Diseño del banco de capacitores para el tablero TDG2



Fuente: Elaboración propia

## 4.2 ETAPA 2: IDENTIFICACIÓN DE PROBLEMAS EN LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA

Como resultado del relevamiento y toma de datos de las instalaciones eléctricas del hospital, se identificaron diversas deficiencias referentes al ámbito eléctrico, A

continuación, se realiza el desarrollo de las deficiencias encontradas en las principales áreas y/o equipos que forman parte del sistema eléctrico del hospital.

#### **4.2.1 DEFICIENCIAS EN TABLEROS ELÉCTRICOS Y EQUIPOS DE ALIMENTACIÓN**

##### **4.2.1.1 Deficiencias en tableros principales**

Los tableros de distribución principal de alimentación, se encuentran correctamente instalados en una sala hermética e ignífuga, dando cumplimiento al Capítulo 14 de la norma NB777, tal como se muestra en la figura 4.14. Sin embargo, se observa que en la sala hay una falta de una limpieza adecuada, como se observa en la figura 4.14 y 4.15, existe polvo dentro de los tableros, hecho que indica la falta de mantenimiento preventivo a las instalaciones de los tableros principales, lo cual conllevaría consecuencias negativas, tales como una mala operación de los equipos o dispositivos por la acumulación de polvo dentro de los mismos.

**Figura 4. 14** Sala de tableros principales



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4. 15** Interior de un tablero principal



**Fuente:** Elaboración propia

#### **4.2.1.1 Deficiencias de equipos**

Las ubicaciones de equipos cumplen con el párrafo 14.4.2 del capítulo 14 de la norma NB 777 con excepción de las siguientes observaciones:

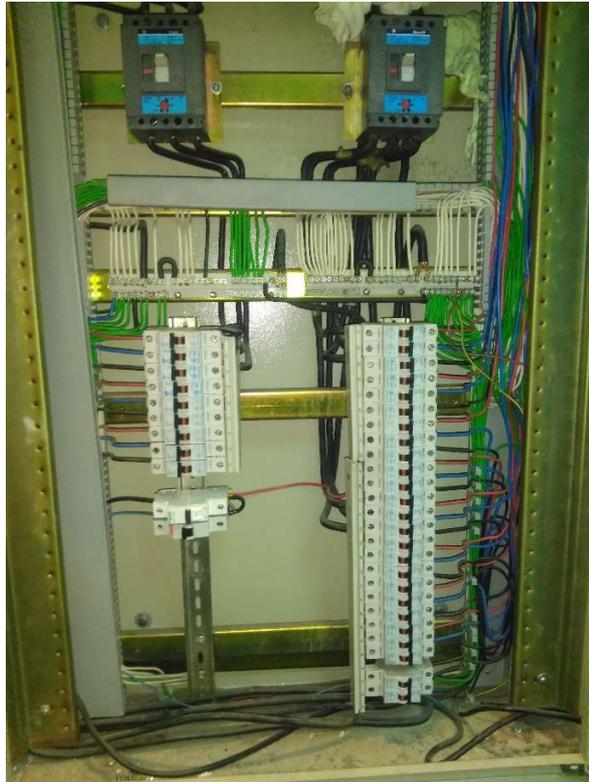
No se dispone de un interruptor tetra polar (solo tripolar) en el tablero de distribución de energía de emergencia según lo que indica la norma NB 777 Capítulo 14 en el párrafo 14.4.2 Equipos eléctricos. Esta disposición del interruptor tripolar representa una deficiencia para el sistema eléctrico del hospital debido a que, al no contar con el polo de neutro en el interruptor, se corre el riesgo de que el neutro no se encuentre protegido frente a corrientes de armónicos, o que para eventos donde se presentan sobretensiones, el neutro aún sigue energizado durante la apertura.

#### **4.2.1.2 Deficiencias en tableros de distribución**

Los tableros de distribución cumplen con el párrafo 14.4.3 del capítulo 14 de la norma NB 777 con excepción de las siguientes observaciones:

Los tableros de distribución de aplicación 1 y aplicación 0 (ver figura 4.16) están juntos en un mismo gabinete y no están separadas por una pared apropiada ni cuenta con una cubierta de separación como indica la norma NB777.

**Figura 4. 16** Gabinete eléctrico con tableros de aplicación 1 y 0



**Fuente:** Elaboración propia

En la mayoría de los tableros se encuentra las siguientes observaciones:

- Empalmes no permitidos, las cuales pueden ocasionar un contacto indeseado con partes energizadas poniendo en riesgo a la misma instalación y la humanidad de las personas, Figura 4.17.
- Algunos tableros se encuentran sin tapa de aislación causando peligro para los operadores y riesgo de choque eléctrico, Figura 4.17.
- Interruptores de caja moldeadas sin ajuste fijo a tablero.
- Barras de distribución sin tapa ni identificación de fases.

- Peinetas energizadas sin protecciones contra contactos.

**Figura 4.17** Registro fotográfico: tablero de distribución tipo



**Fuente:** Elaboración propia

- En la mayoría de los tableros de control de iluminación no se encuentran identificados los ambientes a los que controla como se aprecia Figura 4.18.

**Figura 4.18** Registro fotográfico: Tablero de control de luminarias



**Fuente:** Elaboración propia

- Se encontraron tableros con térmicos sin identificación.
- Se pudo evidenciar que algunos tableros se encuentran con pequeñas basuras dentro de las mismas, Figura 4.19.

**Figura 4.19** Registro fotográfico: Tablero con basuras en el interior



**Fuente:** Elaboración propia

- Se encontraron varios tomacorrientes en mal estado o fuera de servicio, en especial en el área de quirófanos.
- Los tableros de quirófanos no se encuentran respaldadas por un UPS.
- Los tableros de los quirófanos tienen un transformador de aislamiento descubierto en algunos casos, Figura 4.20

**Figura 4.20** Registro fotográfico: Tablero de Quirófanos



**Fuente:** Elaboración propia

- A partir de testimonio del personal médico, se procede a verificar que los tomacorrientes puntos de fuerza de los quirófanos no se encuentran respaldados por energía de emergencia.
- En el tablero de esterilización central, se evidencia un gran desorden e inseguridad de cables, tal como se muestra en la Figura 4.21.

**Figura 4.21** Registro fotográfico: Tablero en completo desorden



**Fuente:** Elaboración propia

- Adicionalmente, para identificar puntos calientes y puntos en bornas y alimentadores, se realiza un estudio de termografía, a partir de la cual se determina que no existen puntos con riesgo de corte ni puntos donde exista un mal contacto entre conductores (ver Anexo B).

#### **4.2.1.3 Alimentación de energía eléctrica en salas de grupo de aplicación 2**

Los tableros de distribución que corresponden al grupo de aplicación 2, cumplen con el párrafo 14.4.5 del capítulo 14 de la norma NB 777, con excepción de las siguientes observaciones:

Según la tabla 14.1 del capítulo 14 de la norma NB 777 existen tableros que no cumplen con el grupo de aplicación 2 como se detalla en la Tabla 4.34

**Tabla 4. 34** tableros eléctricos del grupo de aplicación 2

TABLERO	UBICACIÓN	AMBIENTE	APLICACIÓN 2
TA1	Piso 1	Quirófano	No cumple
TA2	Piso 1	Quirófano	No cumple
TA3	Piso 1	Quirófano	No cumple
TA4	Piso 1	Quirófano	No cumple
TA5	Piso 1	Quirófano	No cumple
TDE-U1	Piso 1	Terapia intensiva	No cumple
TDE-U2	Piso 1	Terapia intensiva	No cumple
TA6	Piso 2	Quirófano	No cumple
TA7	Piso 2	Quirófano	No cumple
TDE - SP	Piso 2	Sala de partos	No cumple
TDE - N	Piso 2	Neonatología	No cumple

Fuente: Elaboración propia

## 4.2.2 DEFICIENCIAS EN LA INSTALACIÓN EN CADA UNO DE LOS AMBIENTES O GRUPOS DE APLICACIÓN

### 4.2.1.2 Circuitos en la red IT de salas del grupo de aplicación 2

Los circuitos en la red IT de las salas del grupo de aplicación 2 cumplen con el párrafo 14.5.1 del capítulo 14 de la norma NB 777 con excepción de las siguientes observaciones:

Los tomacorrientes de la red IT no están identificadas como se muestra en la Figura 4.22

**Figura 4. 22** Tomacorrientes en salas de terapia intensiva



Fuente: Elaboración propia

### 4.2.3 DEFICIENCIAS EN EL SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA LAS CORRIENTES PELIGROSAS PARA EL CUERPO HUMANO

El tablero de aislación no cuenta con dispositivos de monitoreo de aislación en la red IT como se observa en la figura 4.23.

**Figura 4. 23** Tablero de aislación actual en quirófanos.



**Fuente:** Elaboración propia

No existen tableros de aislación con redes IT en salas de terapia intensiva, sala de partos y neonatología (incubadoras).

En quirófanos y salas de terapia intensiva no existen barras colectoras para igualar los potenciales.

### 4.2.4 ANÁLISIS DE DEMANDA DE ENERGÍA Y ARMÓNICOS EN LA RED ELÉCTRICA

Según las mediciones y cálculos que se describen en la etapa de relevamiento, se observa que la demanda está por debajo de la capacidad que pueden entregar los transformadores, por ejemplo, en el transformador 1 que es de 750 kVA, la máxima potencia medida es de 190 kVA es decir que se utiliza en un 25% de su potencia nominal, y en el transformador 2, que también es de 750 kVA la máxima potencia medida fue de 240 kVA, es decir, que

se utiliza el 32% de la capacidad del transformador 2, con lo que se puede afirmar que la potencia demandada, está por muy debajo de la máxima potencia demandada teórica.

A partir de los resultados obtenidos en la etapa 1 mediante el analizador de redes EPCOS, se afirma que es necesario la incorporación de bancos de capacitadores para cada uno de los tableros generales TDG1 y TDG2, los cuales son alimentados por los transformadores 1 y 2 respectivamente.

#### **4.2.5 SISTEMA DE PUESTA A TIERRA**

Según lo recomendado por la norma NB 148009 (pág. 13) el tiempo de vida útil de un sistema de puesta a tierra, no debe ser mayor a los 15 años, en tal sentido, la puesta a tierra del hospital materno infantil, ya supero el tiempo de vida útil recomendado, por tanto, con el propósito de garantizar la seguridad del sistema eléctrico frente a sobretensiones o descargas eléctricas, es recomendable volver a diseñar e implementar un nuevo sistema de puesta a tierra para el hospital materno infantil.

### **4.3 ETAPA 3: APLICACIÓN DE NORMAS ELÉCTRICAS PARA LA CORRECCIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA.**

#### **4.3.1 NORMAS ELÉCTRICAS VIGENTES EN EL PAÍS**

Para el mejoramiento de las deficiencias encontradas y brindar una solución a los problemas identificados en el sistema eléctrico del hospital materno infantil, y con el propósito de brindar una correcta aplicación de las soluciones se recurre a normativas nacionales que se encuentran vigentes, a continuación, se menciona las normativas que aplican al área de las instalaciones eléctricas.

Norma Boliviana:

- NB 777 Diseño y construcción de instalaciones eléctricas interiores en baja tensión.
- NB 148001 Instalaciones eléctricas en baja tensión - Tableros individuales de medición y protección - Requisitos y métodos de ensayo.
- NB 148007-04 Instalaciones eléctricas - Sistema de puesta a tierra

- NB 148010 Instalaciones eléctricas - Sistema de puesta a tierra – Instalación de Sistemas de Pararrayos

#### 4.3.1 DEFICIENCIA A CORREGIR APLICANDO NORMAS

Se corregirán y mejorarán los siguientes problemas encontrados en la etapa 2 de identificación de problemas:

**Tabla 4. 35** Deficiencias encontradas

<b>Deficiencia</b>	<b>Norma a aplicar</b>
Falta de limpieza en sala de tableros principales y tableros de distribución.	NB 148001
No se dispone de un interruptor tetrapolar (solo tripolar) en el tablero de distribución de energía de emergencia.	NB 777 Capitulo 14
Los tableros de distribución de aplicación 1 y aplicación 0 juntos en el mismo gabinete sin separación.	NB 777 Capitulo 14
Desorden en el interior de los tableros de distribución	NB 148001
Tableros de terapia intensiva, salas de partos y neonatología no cumplen con condiciones del grupo de aplicación 2	NB 777 Capitulo 14
Tomacorrientes de aplicación 2 sin identificación	NB 777 Capitulo 14
Tableros de aplicación 2 no cuentan con dispositivos de monitoreo	NB 777 Capitulo 14
Las salas de terapia intensiva no cuentan con suministro de energía con tiempo de conmutación de 0,5 s	NB 777 Capitulo 14
Existencia de armónicos	NB 777 Capitulo 14
Sistema de puesta a tierra con tiempo de vida cumplido	NB148008 y NB148009

**Fuente:** Elaboración propia

#### 4.4 ETAPA 4: PROPUESTA PARA EL MEJORAMIENTO DEL SISTEMA ELÉCTRICO

Para la propuesta del mejoramiento se realiza una clasificación por el nivel de dificultad que presenta cada una de las tareas a realizar, tal como se muestra en la Tabla 4.36 existen deficiencias que pueden ser resueltas por los mismos técnicos del hospital, y otras que requieren un rediseño de ingeniería, para lo cual se requiere contar con personal técnico calificado para llevar a cabo dichas actividades.

**Tabla 4. 36** Deficiencia y propuesta a aplicar

<b>Deficiencia</b>	<b>Norma a aplicar</b>	<b>Propuesta</b>
Falta de limpieza en sala de tableros principales	NB 148001	Puede ser resuelta por personal técnico del hospital
Desorden en el interior de los tableros de distribución	NB 148001	
Los tableros de distribución de aplicación 1 y aplicación 0 juntos en el mismo gabinete sin separación.	NB 777 Capítulo 14	
Tomacorrientes de aplicación 2 sin identificación	NB 777 Capítulo 14	
No se dispone de un interruptor tetrapolar (solo tripolar) en el tablero de distribución de energía de emergencia	NB 777 Capítulo 14	
Tableros de terapia intensiva, salas de partos y neonatología no cumplen con las condiciones del grupo de aplicación 2	NB 777 Capítulo 14	Requiere realizar un rediseño de ingeniería y ser implantado por personal técnico capacitado
Tableros de aplicación 2 no cuentan con dispositivos de monitoreo	NB 777 Capítulo 14	
Existencia de armónicos	NB 777 Capítulo 14	
Sistema de puesta a tierra con tiempo de vida cumplido	NB148008 y NB148009	

**Fuente:** Elaboración propia

#### **4.4.1 PROPUESTA 1: DEFICIENCIAS QUE PUEDEN SER RESUELTAS POR PERSONAL ELÉCTRICO DEL HOSPITAL**

En esta propuesta se describen las deficiencias eléctricas y las maneras de solucionar por el mismo personal técnico (electricistas) del hospital. Estas deficiencias son relativamente sencillas de solucionar, razón por la cual no se requiere de personal técnico especializado para realizar estas actividades.

La mayoría de estas deficiencias son en tableros, por lo que se debe aplicar la norma NB 148001 ya que, para solucionar las deficiencias en los tableros, es necesario cumplir con las especificaciones mencionadas en esta normativa.

##### **4.4.1.1 Propuesta para el mejoramiento de los tableros de distribución**

- Para el mejoramiento de estos tableros se debe realizar un plan de trabajo que permita trabajar sin perjudicar el funcionamiento de las salas de internación.
- Se debe realizar una limpieza en el interior de los tableros eléctricos.
- Debe existir una separación en chapa metálica pintada con pintura epoxica que separe los tableros de aplicación 1 y 0, debido a que actualmente estos tableros comparten un mismo gabinete. Cabe mencionar que pueden colocarse en un gabinete común con tableros de distribución para salas de uso no médico o de otros grupos de aplicación, cuando éstos estén separados por una pared intermedia o estén provistos con una cubierta de separación apropiada.
- Todos los cables deben ser peinados y embutidos en cablecanales con sus respectivas tapas.
- Todos los circuitos deben ser debidamente identificados con etiquetas que faciliten la identificación de los circuitos en base a los diagramas unifilares que son desarrollados en el presente proyecto.
- En las salidas del generador se debe remplazar el interruptor tripolar por uno que sea tetrapolar, ya que la norma indica que se debe disponer el interruptor de alimentación de la red (interruptor/conmutador), del mismo modo, se debe disponer de un interruptor/conmutador tetrapolar en el tablero de distribución de energía de emergencia, esto con el propósito de no referenciar el neutro del alimentador de emergencia con el neutro de la compañía distribuidora de energía.

#### **4.4.1.2 Propuesta para el mejoramiento de los circuitos de aplicación 2**

- Se deben etiquetar los tomacorrientes de aplicación 2 para diferenciar estos de tomacorrientes de aplicación 1 y/o aplicación 0, estas etiquetas deben indicar si está siendo alimentada por el transformador de aislación. También es recomendable capacitar al personal médico con referente a la identificación de los puntos de tomacorrientes de aplicación 1 y/o aplicación 0, de esta forma evitar futuros errores de uso.

#### **4.4.2 PROPUESTA 2: DEFICIENCIAS QUE NECESITAN UN REDISEÑO DE INGENIERÍA Y DEBE SER IMPLEMENTADOS POR PERSONAL TÉCNICO ESPECIALIZADO.**

Esta propuesta se la realizara en respuesta a las deficiencias encontradas en las instalaciones eléctricas del hospital, mismas que se muestran en la tabla 4.36. Esta propuesta es respaldada con un rediseño basado en la aplicación y cumplimiento de las normas bolivianas.

Para un mejor desarrollo de la propuesta 2, las dividiremos en 4 propuestas.

1. Propuesta para el mejoramiento de tableros de salas de grupo de aplicación 2 en quirófanos, terapia intensiva, salas de partos y neonatología.
2. Propuesta para el mejoramiento del suministro de energía de emergencia para salas del grupo de aplicación 2.
3. Propuesta para la instalación de Banco de capacitores debido a la existencia de armónicos.
4. Propuesta para el mejoramiento del sistema de puesta tierra.

A continuación, se desarrollan cada una de las anteriores propuestas enumeradas:

##### **4.4.2.1 Propuesta para el mejoramiento de tableros de salas de grupo de aplicación 2 en quirófanos, terapia intensiva, salas de partos y neonatología.**

Se realizará la propuesta para el mejoramiento de los tableros de aislación de quirófanos y el rediseño de los tableros de terapia intensiva, salas de parto y neonatología, ya que estos últimos no cuentan con tableros de aislación exigidos por norma boliviana.

###### **4.4.2.1.1 Propuesta para tableros de aislación para quirófanos**

Esta propuesta nace por la falta de dispositivos de monitoreo exigidos por la norma boliviana y por las bondades que existen en el mercado en lo que se refiere a tableros de aislación. Es por ese motivo que se propone cambiar estos tableros por unos más modernos en los 7 quirófanos con las siguientes características que existen en el mercado.

###### **Características estándar en mercado local**

- Transformador de aislamiento de 3, 5, 7.5 o 10 kVA, a elegir
- Tensiones primarias e 220, tensión secundaria 220 V.
- Interruptor principal
- Monitor de aislamiento de línea
- Bus de tierra de referencia

- Centro de carga de estilo atornillado
- Hasta 16, interruptores bipolares de 20 A
- Puerta frontal con bisagra oculta.
- Disposición para los receptáculos y/o tomas de tierra
- Gabinete de sobreponer o de empotrar, preparado para aceptar las características opcionales avanzadas.

**Figura 4. 24** Tablero de aislación



**Fuente:** <https://www.bender.com>

Para efectos de la presentación de la propuesta emergente del presente proyecto, se selecciona el tablero de aislación de 7.5 kVA en los 7 quirófanos del hospital.

#### **4.4.2.1.1 Propuesta para la implantación de tableros de aislación de salas de terapia intensiva, salas de parto y neonatología**

Esta propuesta nace por la necesidad de incrementar la seguridad y confiabilidad que requieren las salas de parto y neonatología, ya que, para estas salas, solo cuentan con tableros de aplicación 1, consecuentemente incumplen los requerimientos mínimos especificados por la norma boliviana NB 777 el cual exige que estas salas cuenten con tableros de aislación y red IT.

Para la nueva distribución de cargas en unidades de terapia intensiva, se recomienda aplicar lo que indica la norma boliviana NB 777:

En salas destinadas para más de un paciente, especialmente en salas de terapia intensiva, se recomienda no alimentar a más de cuatro (4) lugares a través de una red IT). Para calcular la potencia puede partirse, a manera de ejemplo, de los siguientes valores de potencia conectada:

Potencia por cama 600 W → 2 400 W para cuatro (4) camas

Disponibilidad adicional para un equipo consumidor de 2 000 W → 2 000 W para cuatro (4) camas

**Valor total 4 400 W para cuatro (4) camas**

Esto corresponde a la magnitud de un transformador de la red IT de 5 kVA.

En salas con más de 4 camas, se recomienda una disposición alternada de las redes IT

**Propuesta para salas de terapia intensiva**

a continuación, mostramos una tabla de potencias que se requieren para una cama de terapia intensiva.

**Tabla 4. 37** Equipos eléctricos para una cama de terapia intensiva

<b>EQUIPOS ELÉCTRICOS PARA UNA CAMA DE UNIDAD DE TERAPIA INTENSIVA</b>	
<b>EQUIPO</b>	<b>POTENCIA (VA)</b>
Cama.	150
Colchón.	60
Ventilador mecánico.	300
Bombas de infusión.	15
Monitor de signos vitales	50
Desfibrilador	200
Máquina para diálisis	2200
<b>TOTAL</b>	<b>2775</b>

**Fuente:** Elaboración propia

Como se observa en la tabla 4.37, la máquina para diálisis tiene una potencia instalada de 2200 VA, pero no todas las camas del hospital materno infantil utilizan este tipo de máquinas, consecuentemente aplicaremos lo que indica la norma NB 777, que por 4 camas colocaremos un equipo consumidor de 2000 W, que en este caso pertenece a un equipo de diálisis, por lo que el cálculo de la potencia instalada de los equipos eléctricos para una cama de terapia intensiva quedaría de la siguiente manera:

**Tabla 4. 38** Equipos eléctricos para una cama de terapia intensiva sin la máquina de diálisis

<b>EQUIPOS ELÉCTRICOS PARA UNA CAMA DE UNIDAD DE TERAPIA INTENSIVA SIN LA MAQUINA DE DIÁLISIS</b>	
<b>EQUIPO</b>	<b>POTENCIA (VA)</b>
Cama.	150
Colchón.	60
Ventilador mecánico.	300
Bombas de infusión.	15
Monitor de signos vitales	50
Desfibrilador	200
<b>TOTAL</b>	<b>775</b>

Fuente: Elaboración propia

Realizando el cálculo de consumo de potencia por cada 4 camas, se determina que una potencia de 5,3 kVA, por lo que el transformador de aislación deberá ser de una potencia nominal de 7,5 kVA, esto debido a que se toma el valor de potencia del transformador inmediato superior disponible en el mercado.

En el hospital materno infantil se cuenta con 26 camas de terapia intensiva en el piso 1 por lo que una alternativa de distribuir los tableros de aislación es colocar 7 tableros de aislación de terapia intensiva, donde 5 tableros suministrarán energía eléctrica a 4 camas cada una y 2 tableros alimentarán a 3 camas cada una. En el caso de estos dos últimos tableros de aislación, existe la posibilidad de utilizar tableros de aislación con una potencia nominal de 5 kVA.

#### **Propuesta para salas de parto**

Para este tipo de salas no se requiere el equipo con una potencia instalada de 2000 W, pero podrían ser necesarios los siguientes equipos que se detallan a continuación:

**Tabla 4. 39** Equipos eléctricos una cama de partos

<b>EQUIPOS ELÉCTRICOS UNA CAMA DE PARTOS</b>	
<b>EQUIPO</b>	<b>POTENCIA (VA)</b>
Ventilador mecánico. En caso de necesidad	300
Monitor de signos vitales	50
Desfibrilador	200
<b>TOTAL</b>	<b>550</b>

Fuente: Elaboración propia

En el hospital materno infantil existen 6 camas de partos, que sumados dan una potencia instalada de 3,3 kVA, por la pequeña demanda de potencia, es posible agruparlos en un solo tablero de aislación de 5 kVA.

### **Propuesta para salas de neonatología**

En el hospital existen 18 incubadoras de bebés prematuros, donde cada incubadora requiere de los siguientes equipos eléctricos.

**Tabla 4. 40** Equipos eléctricos de incubadoras de bebés prematuros

<b>EQUIPOS ELÉCTRICOS INCUBADORAS (NEONATOLOGÍA)</b>	
<b>EQUIPO</b>	<b>POTENCIA (VA)</b>
Incubadora	450
Ventilador mecánico.	300
Bombas de infusión.	15
Monitor de signos vitales	50
<b>TOTAL</b>	<b>815</b>

**Fuente:** Elaboración propia

Dividiendo todos los equipos de neonatología en grupos de 6 incubadoras, se obtiene una potencia de 4,89 kVA por cada grupo, por lo que se requiere que la potencia nominal del transformador de aislación sea de 5 kVA.

En el hospital materno infantil, también se cuentan con equipos para terapia intensiva de neonatología, donde existen 4 incubadoras por lo cual se aplica lo que indica la norma que por cada 4 camas de terapia intensiva se debe colocar un equipo consumidor de 2000 W, para cuestiones de cálculo, asumiremos una potencia de 2,2 kVA que sumados con los datos de la tabla 4.40, hacen un total de 5,4 kVA de potencia. Consecuentemente, para abastecer de energía eléctrica a estos equipos de terapia intensiva, se utiliza un transformador de aislación de 7,5 kVA.

En la Tabla 4.41 se presenta un resumen de la cantidad de tableros de aislación que se deben colocar para la sala de neonatología:

**Tabla 4. 41** tabla resumen de tableros de aislación

Fuente: Elaboración propia

<b>SALAS DE APLICACIÓN 2</b>	<b>PISO</b>	<b>POTENCIA DEMANDADA (VA)</b>	<b>POTENCIA DEL TABLERO DE AISLACIÓN (VA)</b>
quirófano 1	piso 1	5500	7500
quirófano 2	piso 1	5500	7500
quirófano 3	piso 1	5500	7500
quirófano 4	piso 1	5500	7500
quirófano 5	piso 1	5500	7500
quirófano 6	piso 2	5500	7500
quirófano 7	piso 2	5500	7500
grupo 1 de unidad de terapia intensiva	piso 1	5300	7500
grupo 2 de unidad de terapia intensiva	piso 1	5300	7500
grupo 3 de unidad de terapia intensiva	piso 1	5300	7500
grupo 4 de unidad de terapia intensiva	piso 1	4525	5000
grupo 5 de unidad de terapia intensiva	piso 1	4525	5000
grupo 1 salas de parto	piso 2	3300	5000
grupo 2 salas de parto	piso 2	3300	5000
grupo 1 para salas de neonatología bebes prematuros	piso 2	4890	5000
grupo 2 para salas de neonatología bebes prematuros	piso 2	4890	5000
grupo 3 para salas de neonatología bebes prematuros	piso 2	4890	5000
grupo 1 para salas de neonatología terapia intensiva	piso 2	5400	7500

En la tabla 4.42 se muestra los circuitos detallados y además se muestra el piso en el que se encuentra, la potencia demandada, la potencia del tablero de aislación.

**Tabla 4. 42** Distribución de tableros de aislación en diferentes salas

TABLEROS DE AISLACIÓN	CANTIDAD
TABLEROS DE AISLACIÓN DE 7,5 kVA	11
TABLEROS DE AISLACIÓN DE 5 kVA	7

Fuente: Elaboración propia

#### 4.4.2.2 Propuesta para el mejoramiento del suministro de energía de emergencia para Salas del grupo de aplicación 2.

- Para el mejoramiento del suministro de energía de emergencia se debe reemplazar el generador defectuoso por uno nuevo con su respectivo tablero de transferencia automática.
- También se ve la necesidad de instalar un tablero de transferencia automática en el generador que se encuentra actualmente en servicio.
- Estos generadores deben tener un tiempo de respuesta menor a 15 segundos.
- Además de estos generadores las salas de aplicación 2 deben estar respaldadas por una alimentación de emergencia con un tiempo de respuesta menor a 0,5 segundos, los equipos que cumplen con esta característica son las unidades de energía ininterrumpidas más conocidas como los UPS.
- Los UPS deben tener un tiempo de alimentación de 1 hora cuando sean respaldadas por otra unidad de suministro de energía como es el caso del generador de emergencia.
- Debido a que no se cuenta con espacios necesarios para colocar un UPS de gran capacidad, se colocaran UPS distribuidos para cada tablero de aislación. Existen UPS de 3, 6, 10 kVA de capacidad, pero se debe tener en cuenta que, debido a la altitud sobre el nivel del mar, se pierden 1% por cada 100 metros a partir de los 1000 msnm, el hospital materno infantil está a una altura de 3600 msnm por lo que estos UPSs pierden un 26% de rendimiento, a continuación, se muestra la pérdida que tienen los UPSs a 3600 msnm.

**Tabla 4. 43** tabla de potencias de UPS entregadas a 3600 msnm

UPS	POTENCIAL NOMINAL (VA)	POTENCIA ENTREGADA A 3600 msnm (VA)
UPS DE 3 kVA	3000	2220

UPS DE 6 kVA	6000	4440
UPS DE 10 kVA	10000	7400

Fuente: Elaboración propia

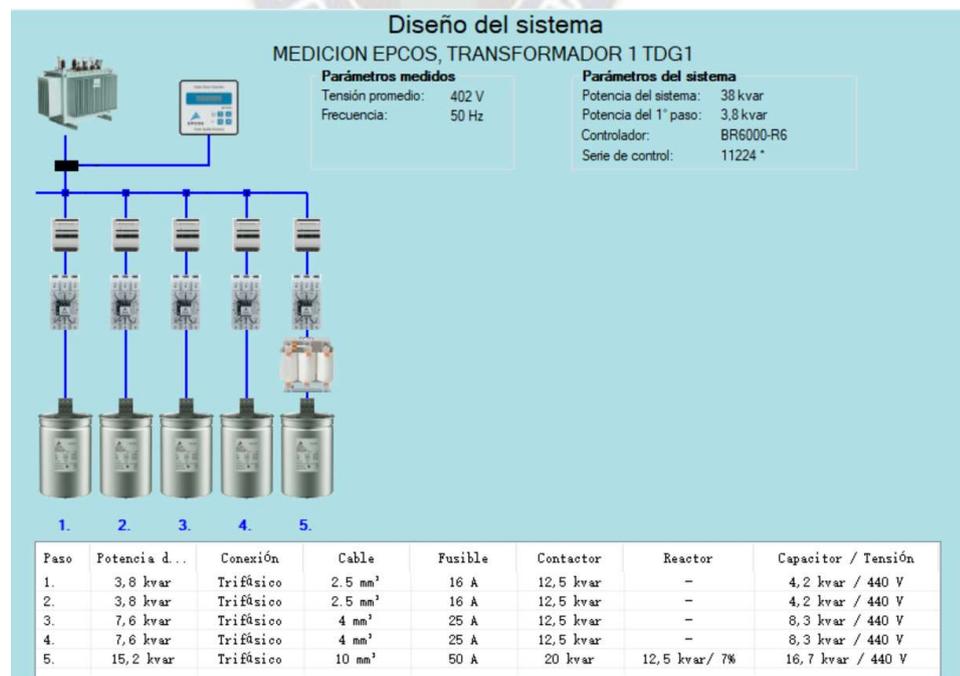
Con esta tabla 4.43 llegamos a la conclusión que cada tablero de aislación debe ser respaldada por un UPS de 10 kVA, haciendo un total de 18 UPSs.

#### 4.4.2.3 Propuesta para la instalación de Banco de capacitores debido a la existencia de armónicos.

Según lo extraído por el analizador de redes EPCOS y su programa se determina que se necesita un banco de capacitores para cada borne de salida de transformador, esto para reducir la tasa de armónicos y mejoras el factor de potencia de los tableros TDG1 y TDG2. Este análisis de la necesidad de incorporación de los bancos de capacitores se lo muestra en la etapa 1 en la toma de datos y se muestran la configuración de estos bancos de capacitores.

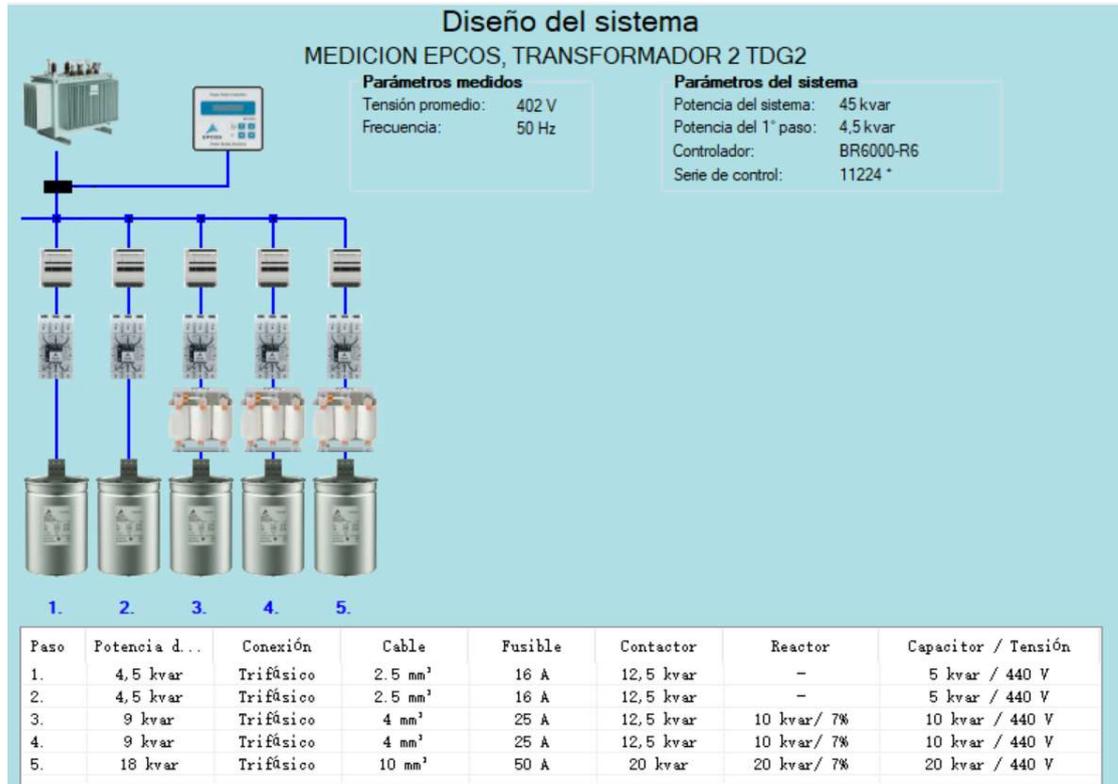
En la figura 4.27, se muestra el diseño del banco de capacitores para el tablero TDG1 realizada en el software de simulación EPCOS. Del mismo modo, en la figura 4.28, se muestra el diseño del banco de capacitores para el tablero TDG2 realizada en el software de simulación EPCOS.

Figura 4. 25 Diseño del banco de capacitores para el tablero TDG1



Fuente: Elaboración propia

**Figura 4. 26** Diseño del banco de capacitores para el tablero TDG2



**Fuente:** Elaboración propia

Para un mejor desempeño se recomienda instalar filtros activos de armónicos, ya que estas pueden ser conectados en serie o en paralelo. Los filtros serie actúan como fuente de voltaje, proporcionan una alta impedancia para los armónicos e impedancia reducida para la frecuencia de la red. Los filtros activos en paralelo, actúan como fuente de corriente en paralelo con la carga, inyectando o absorbiendo corriente según sea necesario.

**Figura 4. 27** Filtro activo de armónicos.



**Fuente:** manual de power solutions

Para un mejor filtrado se recomienda realizar un nuevo dimensionamiento de filtros activos una vez que ya se tenga instalado los UPSs ya que estos generan armónicos.

#### **4.4.2.4 Propuesta para el mejoramiento del sistema de puesta tierra.**

La puesta a tierra tiene un tiempo de vida promedio de 15 años según la norma boliviana, además, se evidencio que, en las instalaciones de puesta a tierra del hospital materno infantil, no se cuenta con cámaras de registro para la verificación y mantenimiento de estas, razón por la cual se procederá al rediseño del sistema de puesta a tierra con el fin de garantizar la seguridad en cuanto a las descargas atmosféricas y sobretensiones producidas en el hospital.

#### **Calculo de la resistividad del terreno por el Método de Wenner**

Para realizar las mediciones en el sistema de puesta a tierra del hospital, se utilizó un telurometro con las siguientes características:

- Telurómetro; kyoritsu 4106
- Escala de medición  $\Omega$ ; 0-20, 0-200, 0-2000 y 0-20 k $\Omega$ .
- Exactitud, medición de la resistencia  $\pm 2\%$  del valor medio y  $\pm 1\%$  del fondo de la escala.
- Resolución de la lectura; 0.01  $\Omega$  en la medición de la resistencia.

- Temperatura de operación; - 10 °C a 50 °C.
- Temperatura de almacenamiento; - 25 °C a 65 °C.
- Altura máxima de trabajo; 3600 m, sobre el nivel del mar

**Figura 4. 28** telurometro kyoritsu 4106



**Fuente:** Elaboración propia

En la Figura 4.29 se muestra la medición de la puesta a tierra según los parámetros indicados en la norma NB 148008

**Figura 4. 29** Direcciones de medición



**Fuente:** Elaboración propia

Con las direcciones de medición que se muestra en la Figura 4.30, tomamos los siguientes datos a distancias de profundidad de 0,3 y 0,6 metros, obteniendo los resultados del valor de resistencia para una capa homogénea que se muestra en la Tabla 4.44.

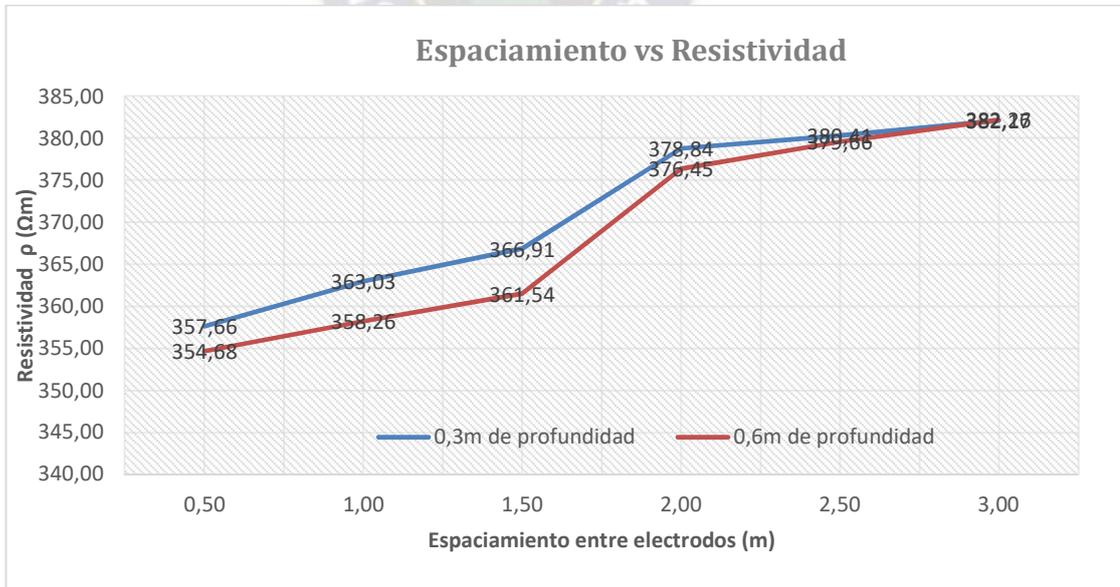
**Tabla 4. 44** Resultado de la medición del valor de resistencia para una capa homogénea

Distancia entre electrodos a (m)	Resistencia medida - Lectura del instrumento ( $\Omega$ ) a 0,3m de profundidad								Resistencia promedio R ( $\Omega$ )	Resistividad calculada $\rho$ ( $\Omega^*m$ )
	R (A-A')	R (B-B')	R (C-C')	R (D-D')	R (D'-C)	R (C-D)	R (D-C')	R (C'-D')		
0,50	112,86	108,30	118,18	110,20	110,96	111,72	119,32	119,70	113,91	357,66
1,00	57,00	57,76	58,90	55,86	60,42	56,62	59,66	56,24	57,81	363,03
1,50	39,90	37,24	33,82	42,56	45,98	38,76	37,24	36,10	38,95	366,91
2,00	30,97	29,64	29,83	29,07	30,02	29,45	31,35	30,97	30,16	378,84
2,50	23,18	23,18	23,45	23,28	23,45	25,06	25,27	26,98	24,23	380,41
3,00	20,44	20,31	19,93	20,35	20,14	20,52	20,73	19,86	20,28	382,17

Distancia entre electrodos a (m)	Resistencia medida - Lectura del instrumento ( $\Omega$ ) a 0,6m de profundidad								Resistencia promedio R ( $\Omega$ )	Resistividad calculada $\rho$ ( $\Omega^*m$ )
	R (A-A')	R (B-B')	R (C-C')	R (D-D')	R (D'-C)	R (C-D)	R (D-C')	R (C'-D')		
0,50	111,91	107,35	117,23	109,25	110,01	110,77	118,37	118,75	112,96	354,68
1,00	56,24	57,00	58,14	55,10	59,66	55,86	58,90	55,48	57,05	358,26
1,50	39,33	36,67	33,25	41,99	45,41	38,19	36,67	35,53	38,38	361,54
2,00	30,78	29,45	29,64	28,88	29,83	29,26	31,16	30,78	29,97	376,45
2,50	23,56	23,18	23,45	23,28	23,26	24,87	25,08	26,79	24,18	379,66
3,00	20,71	20,48	20,48	20,16	19,95	20,33	20,54	19,67	20,29	382,26

Fuente: Elaboración propia

**Figura 4. 30** Grafica obtenida de la medición para diferentes profundidades de electrodos



Fuente: Elaboración propia

En la Figura 4.31 se muestra el aumento de la resistividad con el aumento del espaciamiento entre los electrodos, tomando un valor constante cuando éste llega a su valor real.

Para determinar un modelo de suelo que ofrezca una buena aproximación del suelo real, analicemos los resultados del cuadro resistividad No. 1 de la tabla 4.45, observamos que la variación de la resistividad del terreno entre los valores, máximo y mínimo es del 7.22 (%), por lo que asumiremos suelo homogéneo, para determinar la resistividad aparente del terreno, bajo los datos obtenidos en la tabla 4.45, para determinar la resistividad aparente del terreno se utilizará el método probabilístico Box-Cox.

Primero hallaremos la desviación estándar

**Tabla 4. 45** Calculo de XM promedio

n	xi	Xi	$\ln(Xi)$	Xi
1	357,66	X1=	Ln(357,66)	5,8796
2	363,03	X2=	Ln(363,03)	5,8945
3	366,91	X3=	Ln(366,91)	5,9051
4	378,84	X4=	Ln(378,84)	5,9371
5	380,41	X5=	Ln(380,41)	5,9412
6	382,17	X6=	Ln(382,17)	5,9459
7	354,68	X7=	Ln(354,68)	5,8712
8	358,26	X8=	Ln(358,26)	5,8813
9	361,54	X9=	Ln(361,54)	5,8904
10	376,45	X10=	Ln(376,45)	5,9308
11	379,66	X11=	Ln(379,66)	5,9393
12	382,26	X12=	Ln(382,26)	5,9461
			PROMEDIO	5,9135

Fuente: Elaboración propia

El valor promedio

$$XM = 5,91$$

Para determinar el valor de la raíz cuadrada, recurrimos a la siguiente expresión:

$$\sigma = \frac{\sqrt{\sum(X_i - X_M)^2}}{N}$$

**Tabla 4. 46** cálculo de la sumatoria de la raíz cuadrada

n	Xi	XM	$\sqrt{(X_i - X_M)^2}$
---	----	----	------------------------

1	5,8796	5,9135	0,0012
2	5,8945	5,9135	0,0004
3	5,9051	5,9135	0,0001
4	5,9371	5,9135	0,0006
5	5,9412	5,9135	0,0008
6	5,9459	5,9135	0,0010
7	5,8712	5,9135	0,0018
8	5,8813	5,9135	0,0010
9	5,8904	5,9135	0,0005
10	5,9308	5,9135	0,0003
11	5,9393	5,9135	0,0007
12	5,9461	5,9135	0,0011
		$\sqrt{\sum (X_i - X_M)^2}$	0,0093

Fuente: Elaboración propia

$$\sigma = \frac{\sqrt{0,0093}}{12} = 0,0080$$

La desviación normal estándar invertida del 70 (%); 0.5244 La resistividad corresponde a;

$$\rho = e^{\sigma \cdot z + X_M}$$

$$\rho = e^{0,0080 \cdot 0,5244 + 5,9135}$$

$$\rho = 371,55 (\Omega - m)$$

#### 4.4.2.5 Calculo de los sistemas de puesta a tierra para los diferentes servicios.

En el hospital se requiere las siguientes mallas con las resistencias mínimas que descritas en la tabla 4.47:

Tabla 4. 47 Resistencia requeridas para los diferentes sistemas

sistema de malla	resistencia requerida ( $\Omega$ )
Malla a tierra para pararrayos	10
Malla de tierra para el centro de transformación y generador	10
Malla de tierra para el sistema eléctrico	5
Malla de tierra para equipos de comunicación	3
Malla de tierra de equipos de electro medicina	3

Fuente: Elaboración propia

Para el cálculo de las diferentes mallas utilizaremos Metodología SCHWARZ.

Este método permite combinar todos los componentes que constituyen la malla de tierra, conductor desnudo de cobre, varillas enterradas en forma vertical, la influencia o

acoplamiento mutuo, profundidad, por estas condiciones se establece un método con un alto grado de exactitud.

La malla de tierra será horizontal, con electrodos enterrados en forma vertical (varillas), el valor de la resistencia de tierra es el resultado de la combinación de las siguientes ecuaciones;

$$R = \frac{R_1 \cdot R_2 - R_m^2}{R_1 + R_2 - 2 \cdot R_m}$$

Donde;

- R, resistencia equivalente de tierra de la malla de tierra en  $\Omega$ .
- R1, resistencia de tierra de los conductores de la malla de tierra en  $\Omega$ .
- R2, resistencia de tierra de todas las varillas enterradas en  $\Omega$ .
- Rm, resistencia mutua entre el grupo formado por los conductores de la resistencia R1 y del grupo de varillas resistencia de tierra R2.

Para la resistencia de tierra, solo considerando el conductor horizontal enterrado, el valor se obtiene de la siguiente manera;

$$R_1 = \frac{\rho}{\pi * L_c} \left[ \ln \left( \frac{2 * L_c}{\sqrt{d_c * h}} \right) + \frac{K_1 * L_c}{\sqrt{A}} - K_2 \right]$$

Donde los factores K1 y K2 dependen de la forma de la malla de tierra y se calcula con las siguientes ecuaciones.

$$K_1 = -0.05 \frac{L_x}{L_y} + 1.2$$

$$K_2 = 0.1 \frac{L_x}{L_y} + 4.68$$

Donde;

- $\rho$ ; resistividad del terreno.
- Lc; longitud total de todos los conductores de la malla en m.
- h; profundidad de los conductores de la malla en m.
- dc; diámetro de conductor de la malla en m.
- A; área cubierta por los conductores de la malla de tierra en m<sup>2</sup>.
- Lx y Ly; largo y ancho de la malla m.

Para la calcular la resistencia de tierra de las varillas, se determina con;

$$R_2 = \frac{\rho}{2\pi \cdot N_V \cdot L_V} \cdot \left[ \ln\left(\frac{8 \cdot L_V}{d_V}\right) - 1 + \frac{2K_1 \cdot L_V}{\sqrt{A}} - (\sqrt{N_V} - 1)^2 \right]$$

Donde;

- $N_V$ , número de varillas de tierra.
- $L_V$ , longitud de cada varilla en m.
- $d_V$ , diámetro de varilla de tierra en m.

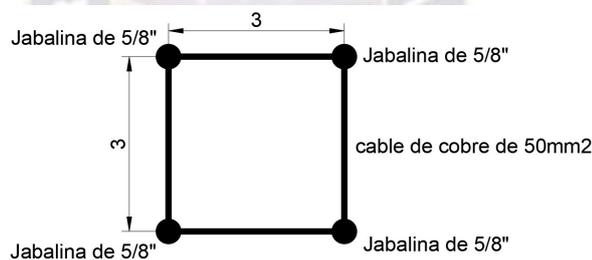
Para determinar la resistencia mutua de tierra, entre la malla horizontal y las varillas enterradas en forma vertical.

$$R_m = \frac{\rho}{\pi \cdot L_C} \cdot \left[ \ln\left(\frac{2 \cdot L_C}{L_V}\right) + \frac{K_1 \cdot L_C}{\sqrt{A}} - K_2 + 1 \right]$$

### CALCULO DE UNA MALLA A TIERRA DE 4 JABALINAS CON EL TERRENO NATURAL

se calculará una malla de 4 jabalinas (ver figura 4.31)

**Figura 4. 31** malla a tierra de 4 jabalinas



**Fuente:** Elaboración propia

Descripción	Dato
Resistividad del terreno ( $\Omega$ -m)	371,55
$L_C$ ; Longitud total de los conductores de la malla (m)	12
$h$ ; profundidad de los conductores de la malla (m)	0,6
$d_C$ ; Diámetro del conductor de la malla (m)	0.01085
$L_x$ ; largo de la malla (m)	3
$L_y$ ; ancho de la malla (m)	3
$A$ ; área cubierta por los conductores de la malla de tierra (m <sup>2</sup> )	9
$N_V$ ; número de varillas (pza.)	4
$L_V$ ; Longitud de la varilla (m)	2,4
$d_V$ ; diámetro de la varilla (m)	0.01587

Los valores de las diferentes ecuaciones son las siguientes;  
Factores  $K_1$  y  $K_2$ .

$$K_1 = -0.05 \frac{L_x}{L_y} + 1.2$$

$$K_2 = 0.1 \frac{L_x}{L_y} + 4.68$$

8

$$K_1 = -0.05 * \frac{3}{3} + 1.2 = 1.15$$

$$K_2 = 0.1 * \frac{3}{3} + 4.68 = 4.78$$

La resistencia debido al conductor de cobre desnudo enterrado.

$$R_1 = \frac{\rho}{\pi * L_c} \left[ \ln \left( \frac{2 * L_c}{\sqrt{d_c * h}} \right) + \frac{K_1 * L_c}{\sqrt{A}} - K_2 \right]$$

$$R_1 = \frac{371,55}{\pi * 12} \left[ \ln \left( \frac{2 * 12}{\sqrt{0.01085 * 0,6}} \right) + \frac{1,15 * 12}{\sqrt{9}} - 4,78 \right]$$

$$R_1 = 54,35 (\Omega)$$

$$R_2 = \frac{\rho}{2\pi * N_v * L_v} \cdot \left[ \ln \left( \frac{8 * L_v}{d_v} \right) - 1 + \frac{2K_1 * L_v}{\sqrt{A}} - (\sqrt{N_v} - 1)^2 \right]$$

$$R_2 = \frac{371,55}{2 * \pi * 4 * 2,4} \left[ \ln \left( \frac{8 * 2,4}{0,01587} \right) - 1 + \frac{2 * 1,15 * 2,4}{\sqrt{9}} - (\sqrt{4} - 1)^2 \right]$$

$$R_2 = 42,73 (\Omega)$$

$$R_m = \frac{\rho}{\pi * L_c} \cdot \left[ \ln \left( \frac{2 * L_c}{L_v} \right) + \frac{K_1 * L_c}{\sqrt{A}} - K_2 + 1 \right]$$

$$R_m = \frac{371,55}{\pi * 12} \left[ \ln \left( \frac{2 * 12}{2,4} \right) + \frac{1,15 * 12}{\sqrt{9}} - 4,78 + 1 \right]$$

$$R_m = 30,77 (\Omega)$$

$$R = \frac{R_1 * R_2 - R_m^2}{R_1 + R_2 - 2 * R_m}$$

$$R_m = 38,71 (\Omega)$$

Como se observa en el resultado obtenido anteriormente, el valor es mayor a 10 ohmios, situación que no es conveniente para cumplirlos objetivos del sistema de tierra, por lo que es necesario renovar la composición de tierra total, agregando Thor Gel o algún aditivo

de características similares con el fin de reducir la resistividad del terreno y consecuentemente reducir la resistencia de tierra.

**Tabla 4. 48** Características del THOR GEL de la marca para rayos

RESISTIVIDAD $\Omega$ -m			DOSIFICACIÓN
de 50	a	200	1 dosis x m <sup>3</sup>
de 200	a	400	2 dosis x m <sup>3</sup>
de 400	a	mas	3 dosis x m <sup>3</sup>

\*La saturación en el tratamiento químico se presenta en la tercera dosis por m<sup>3</sup>  
Esta dosificación se aplica igualmente en el tratamiento de las zanjas de interconexión.

RESISTENCIA INICIAL EN $\Omega$	% DE REDUCCIÓN	RESISTENCIA FINAL EN $\Omega$
600	95	30
300	85	45
100	70	30
50	60	20
20	50	10
10	40	6

Resultados de Reducción de la Resistencia con THOR-GEL® - Los resultados detallados, han sido obtenidos con la aplicación de una sola dosis de 5 Kilos.

**RESULTADOS DE REDUCCIÓN DEL PRODUCTO THOR-GEL®**

TIEMPO DE APLICACIÓN REDUCCIÓN Y ESTABILIDAD ELECTROQUIMICA DE THOR-GEL

Tiempo de Aplicación (meses)	Resistencia $\Omega$	Cumple requerimiento de equipos electrónico?
3	4.00	Si
8	4.48	Si
16	4.00	Si
20	4.36	Si
34	4.49	Si
40	4.10	Si
52	5.93	No (realizar mantenimiento)
54	6.89	No (realizar mantenimiento)
56	6.41	No (realizar mantenimiento)

Fuente: Manual de THOR GEL de la marca para rayos

En función a los datos de la tabla 4.48, asumiremos el peor de los casos, que se da cuando el valor de la resistencia final del terreno es de 45( $\Omega$ ) una vez aplicado las dosis de Thor gel y una renovación de terreno.

Con este nuevo dato calculemos la nueva resistencia de la malla de 4 jabalinas

Descripción	Dato
Resistividad del terreno ( $\Omega\text{-m}$ )	45
$L_c$ ; Longitud total de los conductores de la malla (m)	12
$h$ ; profundidad de los conductores de la malla (m)	0,6
$d_c$ ; Diámetro del conductor de la malla (m)	0.01085
$L_x$ ; largo de la malla (m)	3
$L_y$ ; ancho de la malla (m)	3
$A$ ; área cubierta por los conductores de la malla de tierra ( $\text{m}^2$ )	9
$N_v$ ; número de varillas (pza.)	4
$L_v$ ; Longitud de la varilla (m)	2,4
$d_v$ ; diámetro de la varilla (m)	0.01587

Realizamos un nuevo calculo

Los valores de las diferentes ecuaciones son las siguientes;  
Factores  $K_1$  y  $K_2$ .

$$K_1 = -0.05 \frac{L_x}{L_y} + 1.2$$

$$K_2 = 0.1 \frac{L_x}{L_y} + 4.68$$

$$K_1 = -0.05 * \frac{3}{3} + 1.2 = 1.15$$

$$K_2 = 0.1 * \frac{3}{3} + 4.68 = 4.78$$

La resistencia debido al conductor de cobre desnudo enterrado.

$$R_1 = \frac{\rho}{\pi * L_c} \left[ \ln \left( \frac{2 * L_c}{\sqrt{d_c * h}} \right) + \frac{K_1 * L_c}{\sqrt{A}} - K_2 \right]$$

$$R_1 = \frac{45}{\pi * 12} \left[ \ln \left( \frac{2 * 12}{\sqrt{0.01085 * 0.6}} \right) + \frac{1.15 * 12}{\sqrt{9}} - 4.78 \right]$$

$$R_1 = 6.58 (\Omega)$$

$$R_2 = \frac{\rho}{2\pi * N_v * L_v} \cdot \left[ \ln \left( \frac{8 * L_v}{d_v} \right) - 1 + \frac{2K_1 * L_v}{\sqrt{A}} - (\sqrt{N_v} - 1)^2 \right]$$

$$R_2 = \frac{45}{2 * \pi * 4 * 2.4} \left[ \ln \left( \frac{8 * 2.4}{0.01587} \right) - 1 + \frac{2 * 1.15 * 2.4}{\sqrt{9}} - (\sqrt{4} - 1)^2 \right]$$

$$R_2 = 4.95 (\Omega)$$

$$R_m = \frac{\rho}{\pi \cdot L_c} \cdot \left[ \ln \left( \frac{2 \cdot L_c}{L_v} \right) + \frac{K_1 \cdot L_c}{\sqrt{A}} - K_2 + 1 \right]$$

$$R_m = \frac{45}{\pi \cdot 12} \left[ \ln \left( \frac{2 \cdot 12}{2,4} \right) + \frac{1,15 \cdot 12}{\sqrt{9}} - 4,78 + 1 \right]$$

$$R_m = 3.72 (\Omega)$$

$$R = \frac{R_1 \cdot R_2 - R_m^2}{R_1 + R_2 - 2 \cdot R_m}$$

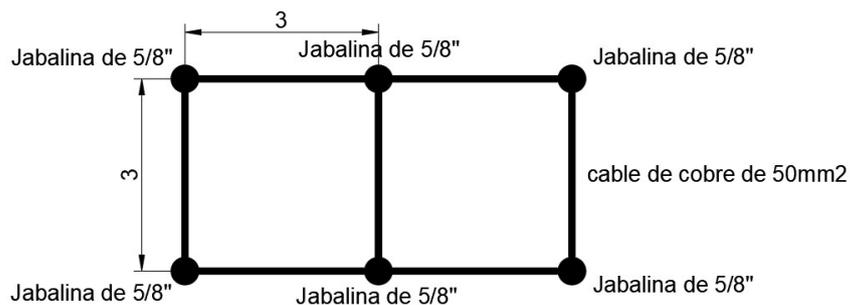
$$R_m = 4.58 (\Omega)$$

Este resultado que es para una malla de 4 picas las utilizaremos para las mallas:

- Malla a tierra para pararrayos.
- Malla de tierra para el centro de transformación y generador.
- Malla de tierra para el sistema eléctrico.

El resultado de la malla de 4 picas es mayor a 3 ( $\Omega$ ) por lo que aumentaremos a una malla de 6 picas (Ver figura 4.33).

**Figura 4. 32** malla de tierra de 6 jabalinas



**Fuente:** Elaboración propia

Con estos nuevos datos se calcula la nueva resistencia de la malla de 6 jabalinas aplicando el tratamiento de tierra y Thor gel.

Descripción	Dato
Resistividad del terreno ( $\Omega\text{-m}$ )	45
$L_c$ ; Longitud total de los conductores de la malla (m)	21
$h$ ; profundidad de los conductores de la malla (m)	0,6
$d_c$ ; Diámetro del conductor de la malla (m)	0.01085
$L_x$ ; largo de la malla (m)	6
$L_y$ ; ancho de la malla (m)	3
$A$ ; área cubierta por los conductores de la malla de tierra ( $\text{m}^2$ )	18
$N_v$ ; número de varillas (pza.)	4
$L_v$ ; Longitud de la varilla (m)	2,4
$d_v$ ; diámetro de la varilla (m)	0.01587

Realizando un nuevo cálculo se obtiene los valores de las diferentes ecuaciones son las siguientes;

Factores  $K_1$  y  $K_2$ .

$$K_1 = -0.05 \frac{L_x}{L_y} + 1.2$$

$$K_2 = 0.1 \frac{L_x}{L_y} + 4.68$$

$$K_1 = -0.05 * \frac{6}{3} + 1.2 = 1.10$$

$$K_2 = 0.1 * \frac{6}{3} + 4.68 = 4.88$$

La resistencia debido al conductor de cobre desnudo enterrado.

$$R_1 = \frac{\rho}{\pi * L_c} \left[ \ln \left( \frac{2 * L_c}{\sqrt{d_c * h}} \right) + \frac{K_1 * L_c}{\sqrt{A}} - K_2 \right]$$

$$R_1 = \frac{45}{\pi * 21} \left[ \ln \left( \frac{2 * 21}{\sqrt{0.01085 * 0.6}} \right) + \frac{1.10 * 21}{\sqrt{18}} - 4.88 \right]$$

$$R_1 = 4.65 (\Omega)$$

$$R_2 = \frac{\rho}{2\pi * N_v * L_v} \cdot \left[ \ln \left( \frac{8 * L_v}{d_v} \right) - 1 + \frac{2K_1 * L_v}{\sqrt{A}} - (\sqrt{N_v} - 1)^2 \right]$$

$$R_2 = \frac{45}{2 * \pi * 4 * 2.4} \left[ \ln \left( \frac{8 * 2.4}{0.01587} \right) - 1 + \frac{2 * 1.10 * 2.4}{\sqrt{18}} - (\sqrt{4} - 1)^2 \right]$$

$$R_2 = 2.60 (\Omega)$$

$$R_m = \frac{\rho}{\pi \cdot L_C} \cdot \left[ \ln \left( \frac{2 \cdot L_C}{L_V} \right) + \frac{K_1 \cdot L_C}{\sqrt{A}} - K_2 + 1 \right]$$

$$R_m = \frac{45}{\pi \cdot 21} \left[ \ln \left( \frac{2 \cdot 21}{2,4} \right) + \frac{1,10 \cdot 21}{\sqrt{18}} - 4,88 + 1 \right]$$

$$R_m = 3.02 (\Omega)$$

$$R = \frac{R_1 \cdot R_2 - R_m^2}{R_1 + R_2 - 2 \cdot R_m}$$

$$R_m = 2.45 (\Omega)$$

Este resultado es menor a 3( $\Omega$ ) por lo que esta malla nos servirá para la malla de tierra para equipos de comunicación y la malla de tierra de equipos de electro medicina

#### 4.4.2.6 Calculo de la tensión de paso y tensión de contacto.

Para determinar las tensiones de paso y contacto se procederá con estimaciones, tomando en cuenta la información del cálculo de las corrientes de cortocircuito, la información de la empresa eléctrica DELAPAZ con relación a los niveles de la potencia de cortocircuito, corriente de cortocircuito y los cálculos para determinar la impedancia de falla de acuerdo a la información.

- Tensión Nominal (kV); 12.0 kV
- Potencia de Cortocircuito (MVA); 18.77
- Corriente de cortocircuito (kA); 0.44
- Corriente de impulso (kA); 0.72
- Tiempo de ajuste de interrupción (s); 0.1
- Impedancia de la red MT ( $\Omega$ ); 35.94
- Reactancia inductiva ( $\Omega$ ), sistema eléctrico; 35.96
- Resistencia ( $\Omega$ ) del sistema eléctrico; 4.58

Para hallar la corriente de falla monofásica a tierra en el centro de transformación, asumiremos que la resistencia de la subestación, más la resistencia de la conexión del transformador tensión 12.0/6.9 (kV), un valor aproximado de 15 ( $\Omega$ ), sumado este valor a la resistencia de tierra estimada en el cálculo anterior de 4.58 ( $\Omega$ ), la impedancia total será de 19.58 ( $\Omega$ ).

### Calculo de la corriente de falla en MT centro de transformación.

Asumiremos los siguientes datos con las consideraciones ya mencionadas en el anterior párrafo.

- Reactancia inductiva MT ( $\Omega$ ); 35,96
- Resistencia MT ( $\Omega$ ); 4,58
- Resistencia de tierra estimada, red de MT, subestación, conexión MT ( $\Omega$ ); 15
- Resistencia de tierra Centro de Transformación ( $\Omega$ ); 4.58
- Resistencia Total de falla ( $\Omega$ ); 19.58

Tomando en cuenta la resistencia de falla y la reactancia inductiva, la impedancia de falla es;

$$Z_f = \sqrt{19,58^2 + 35,96^2} = 40,95 (\Omega)$$

Ahora calculamos la corriente de falla monofásica a tierra (kA)

$$I_{f-T} = 1,1 * \frac{U_{MT}}{\sqrt{3} * 40,95} = 1,1 * \left( \frac{12000}{\sqrt{3} * 40,95} \right) = 0,19(kA)$$

Para determinar las tensiones de paso, contacto se utilizará como metodología la guía que la norma UNE 20-460

Para aplicar esta metodología se utilizará el modelo estándar de

“CONFIGURACIONES TIPO ELECTRODOS DE TIERRA, TABLAS CON SUS PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS”.

- Rectángulo de 3.0 m x 3.0 m
- Sección del conductor, mm<sup>2</sup>; 50
- Diámetro de electrodo (varilla), mm; 14
- Longitud de la varilla, m; 2
- Cantidad de varillas; 4
- Profundidad, m; 0.5

Para la aplicación de esta metodología en la malla de tierra cuyas dimensiones se encuentran descritas con el dimensionamiento y cálculo de la resistencia de tierra “Malla de tierra para el centro de transformación, generador”.

La malla en análisis debe ser igual en características a las configuraciones o caso contrario presentar característica favorable comparada con el modo estándar.

Observemos diferencias favorables:

- Largo de la malla (m); 3
- Ancho de la malla (m); 3
- Rectángulo 3 m x 3 m
- Diámetro de la varilla (mm); 15.87
- Longitud de la varilla (m); 2.4
- Profundidad de los conductores de la malla (m); 0.6

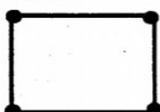
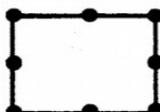
Comparando con el modelo estándar, se observa que la tierra en análisis es favorable

**PARAMETROS CARACTERISTICOS DE ELECTRODOS DE PUESTA A TIERRA**

Cuadrado de 3.0 m x 3.0 m.

Sección conductor = 50 mm<sup>2</sup>.  
 Diámetro picas = 14 mm.  
 L<sub>p</sub> = Longitud de la pica en m.

PROFUNDIDAD = 0'5 m

CONFIGURACION	L <sub>p</sub> (m)	RESISTENCIA K <sub>r</sub>	TENSION DE PASO K <sub>p</sub>	TENSION DE CONTACTO EXT K <sub>c</sub> = K <sub>p</sub> (acc)	CODIGO DE LA CONFIGURACION
Sin picas	-	0.155	0.0332	0.0996	30-30/5/00
4 picas 	2	0.110	0.0258	0.0563	30-30/5/42
	4	0.086	0.0193	0.0386	30-30/5/44
	6	0.071	0.0154	0.0290	30-30/5/46
	8	0.061	0.0127	0.0231	30-30/5/48
8 picas 	2	0.095	0.0222	0.0440	30-30/5/82
	4	0.072	0.0155	0.0271	30-30/5/84
	6	0.058	0.0118	0.0191	30-30/5/86
	8	0.050	0.0095	0.0146	30-30/5/88

Con los datos obtenidos en la tabla anterior, se concluye que:

Factor de resistencia de tierra, K<sub>r</sub>; 0.110

Resistencia de tierra;  $RT = K_r \cdot \rho = 0.110 \cdot 45 = 4.95 (\Omega)$

**Calculamos la tensión de paso**

$T_p = K_p \cdot \rho \cdot I_f - T = 0.0258 \cdot 45 \cdot 186 = 215.94 (V)$

Para hallar la tensión de paso límite que establece la norma, se calcula con la siguiente ecuación;

$$U_p = 10 \frac{K}{t^n} \left(1 + \frac{6 * \rho_s}{1000}\right)$$

Consideramos que el cuerpo humano tiene una resistencia de 1000 ( $\Omega$ ) con los siguientes parámetros calcularemos la tabla para diferentes tiempos de operación del dispositivo de protección

- t: tiempo en s,
- K y n, constantes en función del tiempo.
- $0.9 \geq t > 0.1 \text{ s} \Rightarrow K = 72 \quad n = 1$
- $3 \geq t > 0.9 \text{ s} \Rightarrow K = 78.5 \quad n = 0.18$
- $5 \geq t > 3 \text{ s} \Rightarrow U_{ca} = 64 \text{ V} \quad n = 0.18 \quad U_{ca} = 640 \text{ V}$
- $t > 5 \text{ s} \Rightarrow U_{ca} = 50 \text{ V} \quad n = 0.18 \quad U_{ca} = 500 \text{ V}$

Calculo para un t=0.1s

$$U_p = 10 \frac{72}{0.1^1} \left(1 + \frac{6 * 45}{1000}\right) = 9.144 \text{ kV}$$

Resistividad del terreno ( $\Omega \cdot \text{m}$ )	Tiempo de actuación de las protecciones (s)										
	0.1	0.3	0.5	0.7	0.9	1	1.5	2	2.5	3 a 5	> 5
50	9,36	3,12	1,872	1,337	1,04	1,021	949	901	865	832	650
80	10,656	3,552	2,131	1,522	1,184	1,162	1,08	1,026	985	947	740
100	11,52	3,84	2,304	1,646	1,28	1,256	1,168	1,109	1,065	1,024	800
150	13,68	4,56	2,736	1,954	1,52	1,492	1,387	1,317	1,265	1,216	950
200	15,84	5,28	3,168	2,263	1,76	1,727	1,605	1,524	1,464	1,408	1,1
300	20,16	6,72	4,032	2,88	2,24	2,198	2,043	1,94	1,864	1,792	1,4
400	24,48	8,16	4,896	3,497	2,72	2,669	2,481	2,356	2,263	2,176	1,7

Como se observa la norma acepta que para un tiempo de operación del dispositivo de protección de 0.1 (s) la tensión de paso debe ser como máximo 9144 (V). El resultado de la malla de tierra es de 215.94 (V), por lo que no se constituye peligroso.

#### 4.4.2.7 Cálculo de la tensión de contacto

Según la normativa aplicada a tensión de contacto, la tensión de contacto es 10 veces más pequeño que la tensión de paso, vale decir 45.28 (V).

- Los valores máximos admisibles de  $U_c$  que no pueden ser superados en una instalación;

- $U_C = \frac{K}{t^n} (1 + \frac{1.5 \cdot \rho_s}{1000})$
- 
- Se considera resistencia del cuerpo humano de 1.000 ( $\Omega$ ) y  $\rho_s$  resistividad de suelo en  $\Omega\text{-m}$

Resistividad del terreno	Tiempo de actuación de las protecciones (s)										
	0.1	0.3	0.5	0.7	0.9	1	1.5	2	2.5	3 a 5	> 5
50	774	258	155	111	86	84	78	74	72	69	54
80	806	269	161	115	90	88	82	78	75	72	56
100	828	276	166	118	92	90	84	80	77	74	58
150	882	294	176	126	98	96	89	85	82	78	61
200	936	312	187	134	104	102	95	90	87	83	65
300	1,044	348	209	149	116	114	106	100	97	93	73
400	1,152	384	230	165	128	126	117	111	107	102	80

De la misma manera se puede observar que el límite es de 774 (V) para el tiempo de 0.1 (s), el resultado de 40.95 (V) comparado con 774 (V) no constituye riesgo.

#### 4.4.2.8 Propuesta para el mejoramiento del sistema de Pararrayos

Actualmente existe un sistema de pararrayos constituidas por varillas (tipo franklin) de 60 cm de altura montadas en el borde del techo. Tales varillas son pararrayos y se llaman "Terminales Aéreos." Son de cobre de 5/8" de diámetro. Las normas exigen que tienen que estar colocadas dentro 60cm del borde. Cada 30m de perímetro del edificio hay que colocar un conductor bajante. Siempre hay una mínima de dos bajantes. Cada bajante termina en una jabalina de puesta a tierra de 3m por 12mm diámetro. Para edificios hasta 25m de altura los conductores entre pararrayos (varillas) el cable incluyendo los bajantes es 29mm<sup>2</sup> de área (cobre).

Tal protección para un edificio "simple" es reconocida por ambas las normas de NFPA (las Américas) y del IEC (Europa). Las normas exigen que todos los materiales sean de una alta calidad. La NFPA exige que llevan el sello de calidad de UL.

Aparte de los Terminales Aéreos tiene que tener componentes de montaje. Muchas veces estos son estañados para evitar la corrosión.

Este sistema actualmente está con un desgaste debido a las inclemencias del tiempo por lo que sugerimos el cambio a un sistema de pararrayos más moderno. Por lo que se recomienda el pararrayos PDCE a continuación describiremos las ventajas de este sistema:

**Figura 4. 33** Cuadro comparativo de pararrayos

DIFERENCIAS TECNOLÓGICAS ENTRE EL PDCE Y EL PARARRAYOS CONVENCIONAL					
	Pararrayos PDCE 		Pararrayos convencional Franklin 		
		No excita ni captura el rayo, ya que no genera trazadores Ascendentes.		Excita y captura el rayo, ya que genera trazadores Ascendentes.	
		Protege todo tipo de estructuras y ambientes con riesgo de incendio o explosión. (ATEX)		Aumenta el riesgo de incendio o explosión.	
		No genera sobretensiones.		Genera sobretensiones.	
		Evita los riesgos eléctricos.		Crea riesgos eléctricos de alta tensión.	
		Cumple con los principios básicos de la prevención de riesgos laborales.		No cumple con los principios básicos de la prevención de riesgos laborales	
		No genera efectos de Compatibilidad Electromagnética.		Genera efectos de Compatibilidad Electromagnética, ya que atrae el rayo.	
		La conexión a tierra es compatible con tomas de tierra eléctricas de baja tensión según el REBT.		La conexión a tierra NO es compatible con las tomas de tierra eléctricas de baja tensión según el REBT.	
		No es radioactivo y está fabricado según las normativas RoHS.		Algunos son radioactivos.	
		Respeta el medioambiente.		Indirectamente genera contaminación electromagnética.	
		Su precio es muy competitivo con relación a la seguridad.		Su precio NO es competitivo a la seguridad.	
		Dispone de garantía de 5 años.		No ofrece garantía de protección.	

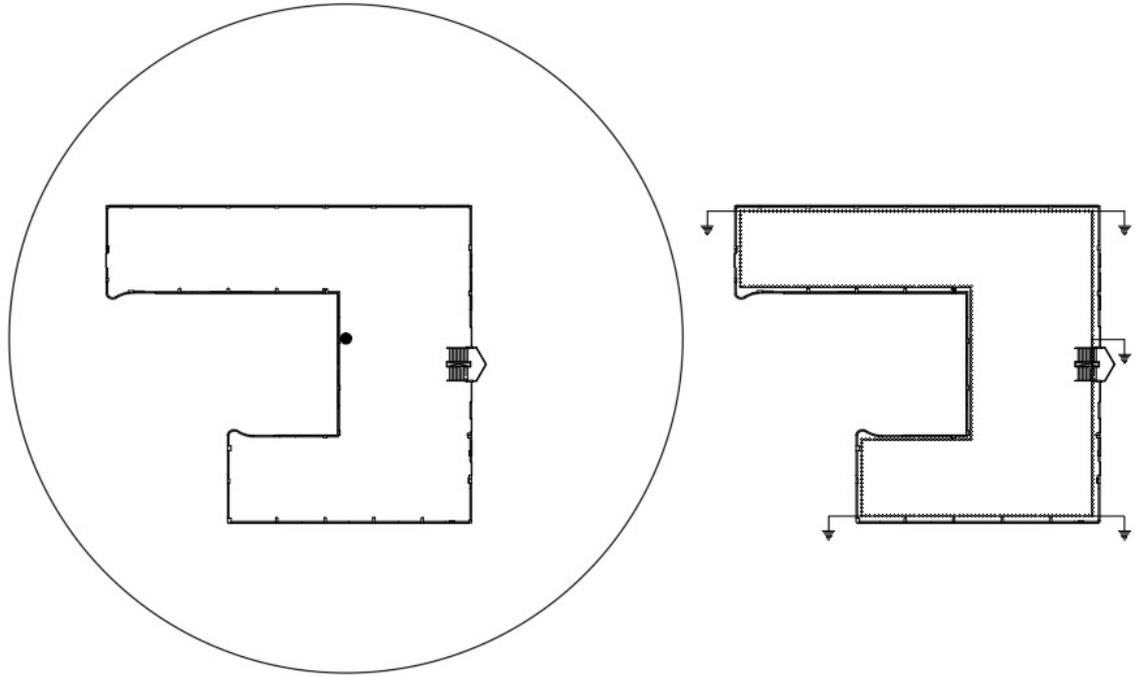
  

ANÁLISIS RIESGOS - COSTES - EFICACIA					
	Riesgo eléctrico	Riesgo de accidente	Coste relación seguridad	Eficacia del sistema	Rentabilidad de la inversión
PDCE 	 BAJO	 BAJO	 BAJO	 ALTA - 99% NO rayos	 ALTA - 99% NO rayos
Convencional 	 ALTO	 ALTO	 ALTO	 BAJA - 99% Sí rayos	 BAJA

**Fuente:** Manual de Pararrayos PDCE de la marca *SERTEC*

Según los manuales del este pararrayos, este cubre un radio de 100 metros por lo que se ve en la figura 4.33, por lo tanto, este pararrayos cubre en su totalidad todo el edificio.

**Figura 4. 34** Lado izquierdo pararrayos tipo PDCE, al lado derecho sistema de pararrayos actual tipo franklin



**Fuente:** Fuente propia

#### 4.4.3 LISTA DE MATERIALES PARA EL MEJORAMIENTO DE LA INSTALACION

En base a las propuestas tenemos los siguientes materiales eléctricos que se requerirán para el mejoramiento del sistema eléctrico del hospital materno infantil:

MATERIAL ELÉCTRICO	UNIDAD	CANTIDAD
Tableros De Aislación De 7,5 kVA	Pza	11
Tableros De Aislación De 5 kVA	Pza	7
Unidades De Energía Ininterrumpidas Ups 10 kVA	Pza	18
Generados Eléctrico De 500 kVA	Glb	1
Tablero De Transferencia Automática	Pza	2
Filtro de armónicos activos TDG1	Glb	1
Filtro de armónicos activos TDG2	Glb	1
Sistema De Puesta A Tierra De Malla De 4 Jabalinas	Glb	3
Sistema De Puesta A Tierra De Malla De 6 Jabalinas	Glb	4
Pararrayos PDCE	Glb	1

#### 4.4.3.1 Análisis de precios unitarios

El análisis de precios unitarios es de vital importancia para la realización del costo global y de esta forma tener los datos a detalle del costo de cada ítem en particular, Para esto se analizará la provisión e instalación de cada ítem, tal como se muestra en el anexo D.

#### 4.4.3.2 Presupuesto para el mejoramiento eléctrico

MATERIAL ELÉCTRICO	UNIDAD	CANTIDAD	P.U. (Bs)	IMPORTE (Bs)
Provisión e instalación de Tableros De Aislación De 7,5 kVA	Pza	11	44170,27	485.872,97
Provisión e instalación de Tableros De Aislación De 5 kVA	Pza	7	39316,79	275.217,53
Provisión e instalación de Unidades De Energía Ininterrumpidas Ups 10 kVA	Pza	18	20265,07	364.771,26
Provisión e instalación de Generados Eléctrico De 500 kVA	Glb	1	884974,84	884.974,84
Provisión e instalación de Tablero De Transferencia Automática	Pza	2	65950,56	131.901,12
Provisión e instalación de Filtro de armónicos activos TDG1	Glb	1	42694,91	42.694,91
Provisión e instalación de Filtro de armónicos activos TDG2	Glb	1	47548,39	47.548,39
Provisión e instalación de Sistema De Puesta A Tierra De Malla De 4 Jabalinas	Glb	3	44695,75	134.087,25
Provisión e instalación de Sistema De Puesta A Tierra De Malla De 6 Jabalinas	Glb	4	54010,79	216.043,16
Provisión e instalación de Pararrayos PDCE	Glb	1	56000,00	56.000,00
			TOTAL	2.639.111,43

#### 4.4.4 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS MATERIALES

Las especificaciones técnicas relacionadas a los equipos que se requieren incorporar en el hospital materno infantil, se detallan en el anexo E

### 4.5 ETAPA 5 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Como producto de este estudio, se obtuvieron los siguientes resultados:

- Planos eléctricos de circuitos de iluminación tomacorrientes y puntos de fuerza de los 16 niveles del hospital maternos infantil.
- Planos de diagramas unifilares y cuadros de carga de
  - 97 tableros de distribución
  - 13 tableros principales
- Análisis de demandas máximas en transformadores
- Propuesta para el mejoramiento del suministro de energía de emergencia para Salas del grupo de aplicación 1 y 2
- Propuesta para el mejoramiento del sistema de puesta tierra.
- Propuesta para el mejoramiento de los circuitos de aplicación 2

- Propuesta para el mejoramiento de tableros de salas de grupo de aplicación 2 en quirófanos, terapia intensiva, salas de partos y neonatología.
- Propuesta para el mejoramiento de los tableros de distribución
- Propuesta para la instalación de Banco de capacitores o filtros activos de armónicos debido a la existencia de armónicos.
- Propuesta para la instalación de pararrayos PDCE
- Especificaciones técnicas y análisis de costos para los mejoramientos de sistemas de puesta a tierra, sistemas de emergencia y tableros de aislación.

## **4.6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **4.6.1 CONCLUSIONES**

En presente Proyecto se logró el objetivo de realizar un relevamiento completo de la instalación eléctrica del HOSPITAL MATERNO INFANTIL, el cual permite dejar planos actualizados de todos los circuitos, diagramas de tableros y sugerencias en lo que respecta a tableros y alimentación de emergencia que necesitan de manera urgente todos los quirófanos y unidades de cuidado intensivo.

Se han cumplido los objetivos planteados al inicio del proyecto dejando disponible información técnica sobre la instalación existente, planos con las ampliaciones que se realizaron desde que está en funcionamiento.

Al relevar las instalaciones se observó que, la instalación en general, carecía la falta de mantenimiento de los tableros de distribución.

El relevamiento de la instalación eléctrica del Hospital se realizó utilizando como base a los planos arquitectónicos físicos (no digitalizados en su mayoría) por lo que se digitalizo en una primera etapa los planos arquitectónicos, se fue efectuando las mediciones pertinentes que permitieron confeccionar los planos, en cuanto a los circuitos y tableros, se realizaron siguiendo cable por cable.

Los tableros fueron estudiados con la demanda actual y futura del hospital, de manera que no haya que realizar modificaciones en los tableros cuando se efectúen las ampliaciones previstas. Se buscó una solución de compromiso entre la economía y la continuidad de servicio, que ante una falla no exista afectación a áreas críticas.

Se procuró que las recomendaciones sean flexibles que, en caso de un mantenimiento y mejoramiento en los ambientes, sean de gran facilidad. En lo que respecta a materiales recomendados, se utilizaron productos comerciales que se encuentren en el mercado local.

Las visitas que se realizaron al hospital, con el fin de relevar la instalación, no solo fueron importantes para el desarrollo del proyecto, sino que también se aportó en la riqueza desde el punto de vista social, donde se trabajó con los doctores, para entender qué pretendían de la instalación y cómo poder satisfacer necesidad, así mismo se contribuyó a desarrollar y clarificar conceptos relacionados con la operatividad de las instalaciones eléctricas del hospital, a fin de poder justificar el porqué de cada elemento que se proyectó.

El presente Proyecto ha cumplido con el objetivo de permitirme realizar un trabajo típico para un ingeniero electricista especializado en instalaciones hospitalarias, integrando los conocimientos adquiridos a lo largo de toda la carrera, tomando como criterio personal que la responsabilidad, ética y compromiso son primordiales a la hora de desenvolverse como profesional.

#### **4.6.2 RECOMENDACIONES**

El presente trabajo tiene una serie de elementos que pueden ser mejorados, además de ello es flexible para su implementación futura, para ello recomendamos algunos aspectos muy importantes como ser:

- Los tableros eléctricos de distribución de piso, deben tener el mantenimiento y corrección con los componentes adecuados en la mayoría de los casos se debe colocar barras repartidoras bipolares, tetrapolares. Según lo recomendado en este proyecto.

- Instalar los tableros de aislación con su respectiva red IT en salas de aplicación 2.
- Instalar los equipos de energía de emergencia modernos del tipo online para salas de aplicación 2.
- Según el análisis de coordinación de protecciones en los tableros principales aguas arriba deben existir un cambio por interruptores de caja moldeada regulables para poder regular y adecuar la coordinación en base al estudio realizado en este proyecto.
- Se recomienda una vez actualizado el grupo electrógeno y UPSs, revisar todos los circuitos de operación continuamente para que no se encuentre fallas.
- Se recomienda revisar continuamente el tablero de transferencia automática para prevenir fallas en el funcionamiento.
- Para un correcto funcionamiento del equipo, se debe tener en cuenta que una vez instalado los nuevos generadores, se deberá realizar un mantenimiento preventivo mensual según lo que recomiende el fabricante o proveedor.

#### 4.9 BIBLIOGRAFÍA

NB 777 NORMA BOLIVIANA DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN BAJA TENSIÓN EN INTERIORES.

NB 148008 NORMA BOLIVIANA INSTALACIONES ELÉCTRICAS SISTEMA DE PUESTA A TIERRA-MEDICIÓN DE LA RESISTIVIDAD Y LA RESISTENCIA DE PUESTA ATIERRA.

NB 148009 NORMA BOLIVIANA INSTALACIONES ELÉCTRICAS SISTEMA DE PUESTA A TIERRA-CRITERIOS DE DISEÑO Y EJECUCIÓN.

NB 148001 CAJAS Y TABLEROS EN GENERAL-CAJAS PARA MEDIDORES.

COLEGIO DE INGENIEROS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS CIEE. (2012). REQUISITOS MÍNIMOS VISACION DE PROYECTOS DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN BAJA TENSIÓN. LA PAZ.

<https://hospitecna.com/documentacion/instalaciones-electricas-para-uso-hospitalario-2/>

<http://www.noticiasfides.com/nacional/sociedad/fue-inaugurado-nuevo-hospital-materno-infantil-189763>

[https://es.wikipedia.org/wiki/Instalaci%C3%B3n\\_el%C3%A9ctrica](https://es.wikipedia.org/wiki/Instalaci%C3%B3n_el%C3%A9ctrica)

descargada de [www.ifhe.info](http://www.ifhe.info) > download

# **ANEXO A**

---

## **PLANOS**