

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO

CARRERA:
INGENIERÍA ELÉCTRICA

TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO ELÉCTRICO

TEMA:
ANÁLISIS DE LOS SISTEMAS REGULADOS USANDO CAPTURA DE DATOS
PARA MEJORAR LA EFICIENCIA ENERGÉTICA Y DISEÑO DE UN NUEVO
SISTEMA PARA NEONATOLOGÍA EN EL HOSPITAL GINECO OBSTÉTRICO
DE NUEVA AURORA “LUZ ELENA ARISMENDI”

AUTOR:
MICHAEL GEOVANNY PIGUAVE SÁNCHEZ

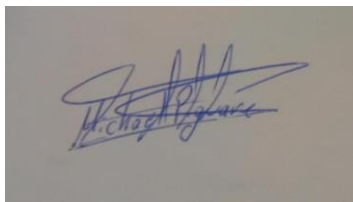
TUTOR
ROGELIO ALFREDO ORIZONDO MARTÍNEZ

Quito, enero del 2022

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo Michael Geovanny Piguave Sánchez con documento de identificación C.I. 1722646781 respectivamente, manifiesto mi voluntad y cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del trabajo de titulación: ANÁLISIS DE LOS SISTEMAS REGULADOS USANDO CAPTURA DE DATOS PARA MEJORAR LA EFICIENCIA ENERGÉTICA Y DISEÑO DE UN NUEVO SISTEMA PARA NEONATOLOGÍA EN EL HOSPITAL GINECO OBSTÉTRICO DE NUEVA AURORA “LUZ ELENA ARISMENDI”, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de ingeniero eléctrico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la ley de propiedad intelectual, en mi condición de autor reservo los derechos morales de la obra antes citada, en concordancia, suscribo este documento en el momento que realice la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.



Michael Geovanny Piguave Sánchez

C.I. 1722646781

Quito, enero del 2022

DECLARATORIA DE COAUTORIA DEL DOCENTE TUTOR

Yo declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el Proyecto técnico ANÁLISIS DE LOS SISTEMAS REGULADOS USANDO CAPTURA DE DATOS PARA MEJORAR LA EFICIENCIA ENERGÉTICA Y DISEÑO DE UN NUEVO SISTEMA PARA NEONATOLOGÍA EN EL HOSPITAL GINECO OBSTÉTRICO DE NUEVA AURORA “LUZ ELENA ARISMENDI”, realizado por el Sr. Michael Geovanny Piguave Sánchez obteniendo un producto que cumple con los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana para ser considerado como trabajo final de titulación.

Quito, enero del 2022



Rogelio Alfredo Orizondo Martínez

CI: 1757424195

DEDICATORIA

Al creador de todas las cosas, el que me ha dado la fortaleza para continuar cuando a punto de caer he estado; por ello, con toda la humildad que como persona puedo emanar, dedico primeramente mi trabajo a Dios.

De igual forma, dedico este proyecto a mis padres que han sabido formarme con buenos sentimientos, hábitos y valores, lo cual me han ayudado a salir adelante en los momentos más difíciles.

A mi hermana quien ha sido un punto de apoyo fundamental, que con sus consejos y ánimos me han ayudado afrontar retos, que se han presentado a lo largo de mi carrera.

A mi familia en general, porque me han brindado su apoyo incondicional y por compartir conmigo buenos y malos momentos.

Al Ing. Lenin Freire por toda la colaboración brindada, durante la elaboración de este proyecto.

Al Ing. Rogelio Orizondo por toda la colaboración brindada, en la institución durante la elaboración de este proyecto.

Michael Geovanny Piguave Sánchez

AGRADECIMIENTOS

Este proyecto no ha sido realizado por mí únicamente, ya que he recibido apoyo de muchas personas. He aquí la razón por la que quiero dar mis más sinceros agradecimientos a ellos.

En primer lugar, me gustaría agradecer a mi familia dentro y fuera del país no sólo por su apoyo moral, sino también por su ayuda económica prestada a lo largo de estos años. Si no fuera por ellos, no habría sido posible presentar este proyecto este año debido a las dificultades que se han presentado con la pandemia que está afectando al Ecuador y al mundo.

También debo reconocer la ayuda y el apoyo prestado por mis amigos y compañeros en estos años. Además, debo hacer una mención a la ayuda aportada por mi tutor, Ing. Rogelio Orizondo y al Ing. Lenin Freire cuya paciencia y dedicación me han sido unos de los principales pilares para la realización de este Proyecto para la obtención del título de Ingeniero.

ÍNDICE GENERAL

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR.....	ii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTOS	v
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT	xiii
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	xiv
JUSTIFICACIÓN.....	xvi
OBJETIVOS.....	xvii
ALCANCE	xviii
INTRODUCCIÓN	xix
CAPÍTULO I.....	1
1. MARCO TEORICO.....	1
1.1. Fundamentos Teóricos	1
1.2. Normas Ecuatorianas del sistema eléctrico y de construcción	1
1.3. Ampacidad	2
1.4 INEN 19:2001 “Código Eléctrico Nacional o Código de practica ecuatoriano”	2
1.5 Sistemas regulados	3
1.6 Alimentación de doble conversión (on-line o Profesional).....	3
1.7 Boques funcionales de un sistema regulado.....	4
1.8 Problemas de los sistemas regulados y las cargas críticas	6
1.9 Variaciones en el suministro eléctrico	7
1.10 Distribución de la carga Eléctrica	13
1.11 Distorsión Armónica	14
1.12 Parámetros para la medición según Resolución ARCONEL N° -053/18	15
1.13 Baterías en los Sistemas Regulados	20
1.14 Redundancia del SR.	22
1.15 SPT	23
1.16 Termografía ISO18434-1	30
1.17 Áreas hospitalarias	30
CAPÍTULO 2	34

2. Metodología	34
2.1 Recopilación de Datos en el HGONA	34
2.2 Generadores del HGONA	34
2.3 Sistema de transferencia automática (ATS):.....	35
2.4 Sistemas Regulados:	38
2.5 Sistema de puesta a tierra:.....	51
CAPÍTULO 3.....	58
3. Análisis de los equipos regulados en el HGONA	58
3.1 Tablero principal TG1 de 1000KVA	58
3.2 Mediciones de las tensiones:.....	60
3.3 Mediciones de corrientes.	62
3.4 Factor de Potencia.....	65
3.5 Potencia.....	66
3.6 Medición de armónicos:.....	67
3.7 Desequilibrio entre fases y variación de voltaje	69
CAPÍTULO 4.....	70
4.1 Diseño de un nuevo sistema regulado para neonatología	70
CAPÍTULO 5.....	74
CONCLUSIONES	74
RECOMENDACIONES.....	76
REFERENCIAS.....	77
ANEXOS	82

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Jerarquía de la calidad según la IEEE.....	1
Figura 2: Esquema de bloques de UPS on-line.	4
Figura 3: Bloques funcionales principales de un SR[32].	6
Figura 4: Problemas y causas de las variaciones del suministro eléctrico	7
Figura 5: Interrupción.....	8
Figura 6: micro cortes	8
Figura 7: Picos de Tensión	9
Figura 8: Subtensión prolongada.....	9
Figura 9: Sobrevoltaje Prolongado.....	10
Figura 10: Ruido eléctrico.....	10
Figura 11: Variación de la frecuencia.	11
Figura 12: Micro picos [16].	11
Figura 13: Distorsión armónica.....	12
Figura 14: Problemas de la calidad de energía.....	13
Figura 15: Una clasificación de parámetros afectados por perturbaciones en la red.	14
Figura 16: Onda fundamental y su relación con los armónicos.	15
Figura 17: Factor de Potencia en presencia de armónicos	17
Figura 18: Configuración de baterías.	20
Figura 19: Influencia de temperatura	22
Figura 20: Redundancia de SR. (STS/ATS).....	22
Figura 21: Redundancia en espera con bypass (ATS).....	23
Figura 22: Razones para tener un SPT	24
Figura 23: Diagrama de puesta a tierra para hospitales.	25
Figura 24: Conexión adecuada de electrodos. Los SPT dedicados deben ser equipotencializados, bien sobre el suelo o subterráneamente.	25
Figura 25: Ejemplo de bobina de choque para interconexión de tierras.	26
Figura 26: Interconexión de tierras.	26
Figura 27: Barra equipotencial.	27
Figura 28: Zonas de conexión.	27
Figura 29: Medición del SPT	29
Figura 30: Método sin estacas.....	29
Figura 31: Áreas Hospitalarias.	31
Figura 32: Bloques Hospitalarios del HGONA.....	32
Figura 33: Equipos médicos.....	33
Figura 34: Equipos médicos en HGONA.....	33
Figura 35: Tablero principal de alimentación de los SR.....	34
Figura 36: Generadores del HGONA.....	35
Figura 37: Tablero principal de alimentación de los SR.....	36
Figura 38: Cargas del sistema de 1000KVA.....	36
Figura 39: Cargas del sistema de 500KVA.....	37
Figura 40: Cargas del sistema de 300KVA.....	37
Figura 41: Tableros principales de alimentación y advertencias visuales.	38

Figura 42:Diagrama unifilar del tablero principal TD_2 desactualizado	39
Figura 43: Tablero principal de alimentación de los SR.....	40
Figura 44: Conexión SR 120KVA diagrama unifilar actualizado	40
Figura 45:SR de 120 KVA.....	41
Figura 46: Baterías que se cambiaron en el SR de 120 KVA.....	42
Figura 47: Tablero Principal TPR1.....	42
Figura 48:SR de 15 KVA.....	43
Figura 49: Cuarto eléctrico del SR 40kVA.....	44
Figura 50: Tablero Principal TPRN.....	44
Figura 51:Conexión SR 40KVA diagrama unifilar actualizado	45
Figura 52:SR de 40 KVA.....	46
Figura 53: Baterías del SR 40KVA	46
Figura 54: Tablero Principal y Tablero bypass.....	47
Figura 55: SR de 15 kVA.....	48
Figura 56: SR de 10 kVA.....	49
Figura 57: Tablero Principal y Tablero bypass.....	49
Figura 58: SPT del pararrayo del bloque A y B.....	51
Figura 59: Identificación de los SPT del HGONA	52
Figura 60: Revisión del pozo a tierra área administrativa.	53
Figura 61: Conexión de los SPT del HGONA.....	53
Figura 62: en la imagen a) tenemos el pozo 1 y 2 y en la imagen b) tenemos la medición del pozo1 y 2.....	54
Figura 63: Revisión del pozo 5.	54
Figura 64:Al lado izquierdo el pozo de revisión en el tubo de PVC y a la derecha la medición de la resistencia.	55
Figura 65: Revisión del pozo a tierra área de emergencia. Al lado izquierdo el pozo y a la derecha la medición de la resistencia.....	55
Figura 66: Revisión de conexión a tierra del tanque de oxígeno.....	56
Figura 67: Estado actual del SPT.....	57
Figura 68: Recomendación del SPT.	58
Figura 69: Tablero TG1 y Tablero TDE_2.....	59
Figura 70: Tensión eficaz.....	60
Figura 71: Medio ciclo y factor de cresta.	61
Figura 72: Medidas de Corriente de pico.....	62
Figura 73: Medidas de corriente media	63
Figura 74: Flicker en las líneas	64
Figura 75: Medición de la frecuencia.	65
Figura 76: Medida del factor de Potencia del tablero TD_2.....	66
Figura 77: Potencias en el TDE_2	66
Figura 78: Armónicos en Tensión.....	67
Figura 79: Armónicos en Corriente.	68
Figura 80: SR 40KVA actual Neonatología	72
Figura 81: SR Recomendado Neonatología.....	73

Figura 82: Componentes del analizador Fluke 435.....	86
Figura 83: Conexión Analizador Fluke 435.....	86
Figura 84: Diagrama Unifilar HGONA sistema de 500KVA	90
Figura 85:Diagrama Unifilar Actualizado sistema de 500KVA.	91
Figura 86: Diagrama Unifilar TDE_1 sistema de 1000KVA.....	92
Figura 87: Diagrama Unifilar Actualizado TDE_1 sistema 1000KVA.	93
Figura 88: Diagrama Unifilar TD_2 sistema de 1000KVA	94
Figura 89: Diagrama Unifilar TDE_2 Actualizado sistema 1000KVA.	95
Figura 90: Valores de ingreso a la SR de tensión y corriente.	96
Figura 91: Valores de salida de SR de tensión y corriente.....	96
Figura 92: Imagen de la izquierda transformador elevador 220/380V e Imagen de la derecha transformador reductor 380/220 V a 125KVA los 2 transformadores.....	98
Figura 93: Valores de entrada SR de tensión y corriente.	99
Figura 94: Valores de salida del SR tensión y corriente.	99
Figura 95: Temperatura del cuarto eléctrico	100
Figura 96: Valores del SR tensión y corriente.	100
Figura 97: Valores del SR de tensión y corriente.....	101
Figura 98: Cuarto eléctrico SR de 40KVA	102
Figura 99: Valores de entrada SR 10kVA de tensión y corriente.	102
Figura 100: Valores de salida SR 10kVA.	103
Figura 101: Baterías SR 10kVA baterías hinchadas.	103
Figura 102: Valores de entrada SR 15kVA tensión y corriente.	104
Figura 103: Valores de salida SR 15kVA tensión y corriente.	104
Figura 104: Armario de baterías.....	105
Figura 105: Ubicación del pozo 1 y 2	105
Figura 106: Medición del pozo 3. De izquierda a derecha se observa: (a) la ubicación del pozo en el parqueadero. (b) El pozo abierto. (c) La conexión para medir la resistencia. (d) La medición con el equipo.	105

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Límites de distorsiones armónicas en corriente. [8]	18
Tabla 2: Límites máximos de armónicos de voltaje (%) [39]	18
Tabla 3: Límites para el índice de tensión. [39]	19
Tabla 4: Ventajas y desventajas del sistema N+1 [40]	23
Tabla 5: Calidad del sistema del SPT [21]	28
Tabla 6: Ventajas y desventajas del uso de la cámara térmica [15]	30
Tabla 7: Temperaturas de los SR	50
Tabla 8: Medición de los pozos a tierra:	56
Tabla 9: Datos obtenidos del analizador	59
Tabla 10: Datos obtenidos del analizador	59
Tabla 11: Medición de los armónicos en corriente	68
Tabla 12: Desequilibrio de tensión:	69
Tabla 13: Desequilibrio en corriente	69
Tabla 14: Estado de los SR del HGONA	70
Tabla 15: Demanda del área de Neonatología	72
Tabla 16: NEC capítulo 15	82
Tabla 17: Amperaje que soportan los cables [25]	84
Tabla 18: Código de Práctica Ecuatoriana CPE INEN 19:2001	85
Tabla 19: Cuarto de Equipos. Edificios de uso especial [24]	85
Tabla 20: Interferencias y disturbios [28]	87
Tabla 21: Rangos típicos de servicio para equipos crítico. [28]	87
Tabla 22: Límites de los armónicos en corriente [39]	88
Tabla 23: Secuencia de los armónicos. [49]	88
Tabla 24: Valores recomendados de la resistencia de puesta a tierra de sistemas eléctricos en Hospitales. [11]	88
Tabla 25: Parámetros para evaluación con la cámara termo gráfica. [14]	89
Tabla 26: Criterios de aceptación. [14]	89
Tabla 27: Información de los transformadores	97
Tabla 28: Cuadros de carga del área de Neonatología TRNB	106
Tabla 29: Cuadros de carga del área de Neonatología TRCI	106

RESUMEN

El presente proyecto técnico tiene el objetivo principal analizar los sistemas regulados, usando captura de datos para garantizar la confiabilidad y la eficiencia eléctrica en el Hospital Gineco Obstétrico Pediátrico de Nueva Aurora “Luz Elena Arismendi”, como punto de partida tenemos información que, durante eventos eléctricos adversos dos equipos Ups quedaron inoperativos, afectando a las áreas críticas que se encuentran trabajando con estos sistemas, ante cualquier evento sea interno o externo pueden producir daños a infraestructuras, equipo biomédico, equipo electrónico de computación, es necesario analizar el sistema eléctrico que alimenta a los sistemas regulados, se tomara mediciones de voltaje, corriente, armónicos con el analizador fluke 435, además de un análisis térmico con la cámara termográfica para evaluar posibles calentamientos en los conductores, protecciones, ambiente en el cual se encuentran ubicados estos equipos y por último se revisara la puesta a tierra, ya que es un elemento de vital importancia en infraestructuras hospitalarias, por ser un seguro de vida de los pacientes ante corrientes de falla, corrientes parasitas o armónicos acoplados, con la información de las mediciones obtenidas en varios días se podrá evaluar la calidad de energía, que está llegando a los sistemas regulados y proponer alternativas que garanticen la confiabilidad, seguridad a los equipos biomédicos como equipo electrónico, y por ultimo presentar un diseño para el área de neonatología.

ABTRACT

The main objective of this technical project is to analyze the regulated systems, using data capture to guarantee reliability and electrical efficiency in the Nueva Aurora Pediatric Gyneco-Obstetric Hospital "Luz Elena Arismendi", as a starting point we have information that, during events two equipment Ups were inoperative, affecting the critical areas that are working with these systems, before any internal or external event can cause damage to infrastructures, biomedical equipment, electronic computer equipment, it is necessary to analyze the electrical system that feeds regulated systems, measurements of voltage, current, harmonics will be taken with the fluke 435 analyzer, in addition to a thermal analysis with the thermographic camera to evaluate possible heating in the conductors, protections, environment in which these equipment are located and finally I will check the grounding, since it is an element of vital importance in hospital infrastructures, for being a life insurance of patients against fault currents, parasitic currents or coupled harmonics, with the information of the measurements obtained in several days, it will be possible to evaluate the quality of energy that is reaching the regulated systems and propose alternatives, that guarantee the reliability and safety of biomedical equipment such as electronic equipment, and finally present a design for the neonatology area.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Esta institución de salud más conocida como HGONA, que se encuentra ubicada al sur de la ciudad de Quito, inició su funcionamiento a finales del 2015 prestando servicios de salud, que tiene la responsabilidad de velar por salud integral de mujeres y niños en cualquier aspecto sea este prevención, recuperación y rehabilitación.

El HGONA es una infraestructura de tercer nivel, de referencia nacional que consta con tres bloques A, B, C en los cuales se encuentran áreas administrativas, y de especialidades. La cartera de servicios comprende cuidados en emergencia, centro obstétrico, áreas quirúrgicas, áreas de cuidado intensivo, recuperación, hospitalización entre otras.

SISTEMA ELÉCTRICO: La alimentación eléctrica llega desde la empresa distribuidora que alimenta a la ciudad de Quito (EEQ), por medio de infraestructura subterránea hasta la cámara de transformación que se encuentra en el subsuelo del hospital la capacidad instalada en este hospital es de 1800kVA.

El hospital cuenta con sistemas de distribución de 1000 KVA y 500 KVA los cuales abastecen a los sistemas regulados instalados en la institución.

El HGONA cuenta con 6 equipos de sistemas regulados. Cada sistema es independiente, la capacidad total de los sistemas regulados es de 240KVA que abastecen energía eléctrica ante cualquier eventualidad resguardando la equipos médicos y administrativos conectados a estos ya mencionados.

Los equipos regulados son de 10KVA, 15KVA, 15KVA, 40KVA, 40KVA y 120KVA repartidos en el área administrativa y la parte operativa del hospital. Actualmente la institución cuenta con daños en los equipos de subsuelo de los SR de 15KVA el equipo se encuentra inoperativo este se encuentra trabajando con el bypass con la energía de la empresa eléctrica, el equipo SR de 120 KVA también sufrió un evento el cual se pudo solucionar con un mantenimiento correctivo, el equipo planta baja el SR de 15 KVA del área administrativa también sufrió daños con algún evento no determinado, por lo cual este se encuentra inoperativo, es importante determinar las causas técnicas por las cuales estos equipos dejaron de funcionar.

El tema propuesto se procede hacer un análisis de calidad con equipos diseñados para este propósito, los equipos de esta institución de salud tienen componentes electrónicos que son susceptibles a operar de forma incorrecta a causa de la mala calidad de energía, ya que está trabajando en el tablero general en donde tenemos el sistema mecánico, sistemas normales, especiales, de iluminación y el sistema de aire acondicionado de todo el hospital otra posible afectación es la disposición y valores del SPT del HGONA ya que no hay información de cómo está estructurado este sistema, no hay existencia de planos físicos ni digitales del SPT, esta información es indispensable ya que el personal y pacientes están propenso de riesgos, en la mayoría de áreas se alojan equipos biomédicos, de diagnóstico, sistemas regulados que alimentan áreas críticas entre otros. El SPT es un seguro de vida para los paciente y personal, pudiendo ser cualquiera de estas opciones las que provocaron el daño de los SR y con la información que se recolecte se podrá proponer soluciones, que eviten eventos que perjudiquen a los equipos biomédicos o administrativos conectados a los sistemas regulados.

JUSTIFICACIÓN

Garantizar la confiabilidad de los sistemas de energía regulados, que aseguren el constante suministro de energía a todas las áreas hospitalarias en especial a las áreas críticas, con el antecedente de varios eventos eléctricos adversos, se presume la existencia de una afectación colateral ya sea de otro sistema eléctrico el SPT, o de instalaciones físicas.

Para esto se tiene que garantizar un sistema robusto y confiable que proteja al personal. La información servirá como guía, para mantenimientos preventivos y correctivos, en los sistemas regulados, mediante el analizador se podrá obtener información del flujo de energía que recorre el ramal principal que conecta los sistemas regulados, y determinar valores de potencia, voltaje, corriente, además de evaluar con imágenes térmicas los espacios en los que se encuentran estos equipos.

El análisis que se realiza tiene como fin de garantizar instalaciones eléctricas que brinden las condiciones adecuadas de seguridad para el normal desempeño y beneficio de los usuarios.

OBJETIVOS

Objetivo principal

Analizar la información por medio de una revisión de los sistemas regulados que nos garanticen la confiabilidad y eficiencia eléctrica en equipos críticos, mediante el análisis de la distribución de cargas, mediciones de cargabilidad para facilitar y proponer mejoras correctivas que garanticen el correcto funcionamiento de la instalación eléctrica. Este análisis de información se lo realiza en el Hospital Gineco Obstétrico de Nueva Aurora “Luz Elena Arismendi” (HGONA).

Objetivos secundarios

- Comprobar el funcionamiento de los sistemas regulados mediante captura de datos en campo.
- Realizar una actualización de los sistemas regulados en el plano eléctrico, diagrama unifilar del HGONA
- Verificar la conexión de puesta a tierra en los sistemas regulados según la normativa IEEE 81.
- Realizar un análisis mediante una cámara termográfica en los sistemas regulados, tales como, cuarto eléctrico, tableros principales, banco de baterías y conductores entre otros.

ALCANCE

El objetivo principal del proyecto es saber cómo los sistemas regulados se encuentran operando en las distintas áreas, médicas y administrativas con un analizador el cual nos den valores de corriente, voltaje, potencia. Con el levantamiento de información se realizará un análisis de flujo de energía que permita observar los posibles problemas en estos equipos que posee el hospital. También proceder a actualizar el diagrama unifilar con el software AutoCAD.

Se necesita realizar un estudio de carga en los diferentes ramales principales que se encuentra instalado los sistemas regulados e identificar qué circuitos están conectados a cada UPS debido a que algunos de los sistemas de aire acondicionado que se encuentran trabajando conjuntamente.

El hospital actualmente cuenta con 6 equipos UPS de 10 kVA, 15kVA, 15kVA, 40kVA, 40 kVA y 120kVA. El objetivo es que el hospital cuente con mayor confiabilidad en función de los sistemas regulados instalados y que los equipos críticos, cuenten con un adecuado suministro eléctrico.

INTRODUCCIÓN

Las normas que regulan, a este tipo de infraestructuras, como la IEEE, NEC, NFPA 99 o el código ecuatoriano eléctrico, se realiza la observación de los conductores su medición, la confiabilidad del suministro eléctrico, su calidad para evaluar que el sistema eléctrico del HGONA opere ante eventos sean estos internos o externos sin perjudicar a los pacientes en esta casa de salud[1][2].

El estudio de los sistemas regulados en esta institución de salud conocida como HGONA, se lo realiza con el objetivo de constatar la confiabilidad de estos sistemas que son parte del conjunto que conforman las áreas críticas que prestan atención a los pacientes[3], para evitar pérdidas de información de equipos de informáticos y daños a los equipos biomédicos de alto costo, que pueden perjudicar a esta casa de salud además de pérdidas económicas que se traduce en mantenimientos correctivos ante cualquier evento en el que se desconecte el suministro eléctrico que puede dañar incluso las infraestructuras estas razones provocan grandes pérdidas el riesgo de perder la atención a los pacientes por falla de máquinas que dispone la institución de salud además de seguir normas que garanticen el óptimo funcionamiento de estos equipos y no perjudiquen a los usuarios que se atienden es esta casa de salud[4][5].

El suministro eléctrico, debe ser de alta confiabilidad en todas las áreas donde se presta atención a los pacientes y usuarios. Se evaluará las cargas, y se hará mediciones con el analizador trifásico para evaluar las cargas que podrían estar afectando la calidad de energía que puede producir deterioros a los distintos sistemas que se encuentran conectados [6][7].

La captura de datos en campo se lo realiza con el fin de encontrar posibles fallas y proponer una mejora que garantice la confiabilidad del suministro eléctrico, el principal objetivo es analizar con los datos obtenidos los niveles de voltaje, corriente, potencia, temperatura que pueden influir en el desempeño de estos equipos[8], para evaluar correctamente el funcionamiento de los equipos y los ambientes en los que se encuentran ubicados para tener la información del sistema de cómo está operando los sistemas regulados[9][10].

Verificar la puesta a tierra en el cual están conectados los sistemas regulados de tal manera que cumpla con el propósito para el cual fue diseñada de salvaguardar la vida de los pacientes[11], además de preservar la seguridad del personal que trabaja en esta institución evaluar el correcto funcionamiento de los equipos, que suministraran energía eléctrica de

manera ininterrumpida ante cualquier evento donde el suministro eléctrico principal se suspenda [12][13].

Como primer punto, se procede a verificar el funcionamiento de los SR mediante la captura de datos en campo, la capacidad de cada SR y donde están ubicados en el del diagrama unifilar eléctrico e identificar si cumplen con la norma NEC-2017 o la INEN 19:2001 en ámbito de señalización, ambiente en donde se encuentran ubicados ventilación, además de registrar con evidencia fotográfica como respaldo de este proyecto[14][15].

La distribución de cargas es uno de los principales problemas de los sistemas eléctricos por los desequilibrios que puede haber en las fases, afectando a los diferentes equipos que se encuentren conectados, según la información del departamento de mantenimiento hay cargas que trabajan en conjunto estas son resistivas, inductivas y no lineales que trabajan conjuntamente, las cargas inductivas trabajan de forma dinámica ocasionando daños en las tarjetas electrónicas en este caso el de los UPS que son parte de los SR[16].

Como segundo punto, se procederá a verificar que exista conexión de puesta a tierra todos los SR, tableros principales, y según la normativa IEEE 81, que garantice el correcto funcionamiento ante eventos imprevistos, de origen natural o cortocircuitos accidentales que se pudieran presentar en esta institución de salud y pudieren afectar el desempeño de la misma institución [17][18].

El tercer punto, es efectuar un análisis mediante una cámara termográfica en los equipos principales, como tableros principales, baterías, ambiente donde se encuentran los SR, recopilando datos que permitan establecer recomendaciones para minimizar las pérdidas producidas por efectos asociados al calor, que puedan dañar a cualquier componente de los SR [19].

El cuarto punto, se plantea recomendar alguna mejora, en base a los datos tomados y el análisis realizado para buscar una propuesta que permia mejorar la confiabilidad y la eficiencia del sistema para un suministro eficiente que garantice el óptimo funcionamiento de todos los equipos que se encuentran conectados a los SR del HGONA.

En quinto lugar, se plantea elaborar un diseño que nos garantice el abastecimiento de energía, ante cualquier evento inesperado, repotenciando el sistema en el área de Neonatología, por medio de una redundancia de los SR que eleve la confiabilidad de este

sistema en el cual alimenta un área crítica en donde la vida de los pacientes corre peligro , por lo que es mejor garantizar la confiabilidad antes que la eficiencia en este tipo de infraestructura.[20].

El jefe de mantenimiento ha observado la gran importancia de que se realice este estudio, en los sistemas regulados, y que cumpla con normativa estipulada para hospitales, el mismo que debe ser lo más confiable ya que alimenta áreas críticas, como centro quirúrgico, neonatología, laboratorio, UCI entre otras áreas y equipo biomédico sabiendo que es necesario precautelar la vida de los pacientes.[21]

GLOSARIO DE TERMINOS

ATS	Sistema estático de transferencia
BPT	Barraje principal a tierra
CA	Corriente Alterna
CC	Cargas Críticas
CD	Corriente Directa
DSP	Procesamiento digital de señales
EEQ	Empresa eléctrica Quito
EMI	Interferencia Electromagnética
HGONA	Hospital Gineco Obstétrico Pediátrico de Nueva Aurora Luz Elena Arismendi
Hz	Hertz
IEC	Comisión Electrónica Internacional
IEEE	Instituto de ingenieros Eléctricos y Electrónicos
kW	kilovatios
PFC	Corrección del factor de Potencia
RFI	Interferencia de alta frecuencia
SR	Sistemas Regulados
SPT	Sistema de Puesta a Tierra
TAA	Sistema aire acondicionado
TDE_1	Tablero de Distribución Especial 1
TDE_2	Tablero de Distribución Especial 2

TG1	Tablero general de carga 1
THDi	Distorsión Total armónica con respecto a la corriente
W	Vatio
Ω	Ohms
$^{\circ}\text{C}$	Grados centígrados

CAPÍTULO I

1. MARCO TEORICO

1.1.Fundamentos Teóricos

En este capítulo se presentarán conceptos básicos de los SR, cómo se componen, las normativas, y parámetros se deben cumplir para un uso eficiente de estos equipos. Existen niveles o jerarquías, todas con un orden predeterminado como indica la IEEEE.



Figura 1: Jerarquía de la calidad según la IEEEE.

Fuente: Autor

Para la elaboración de normativas, sean estas internacionales, como de empresa se deben, registrar a organismos internacionales que evalúen, la calidad, eficiencia como de materiales, algunas de estas organizaciones son la IEC, IEEEE, ISO entre otras, todo con el objetivo de estandarizar procesos que mejoren los servicios [23][14].

1.2. Normas Ecuatorianas del sistema eléctrico y de construcción

Las normas ecuatorianas fijan condiciones mínimas que toda empresa que labore en el Ecuador debe cumplir, todo esto con el objetivo de proteger a los trabajadores que manipulan sistemas eléctricos a cualquier nivel de tensión, proteger todo tipo de dispositivo electrónico y resguardar el ambiente en el cual han sido construidas.

Aquí disponemos exigencias de seguridad, correcta ejecución de las distintas operaciones eléctricas como de construcción, mantenimiento correcto, todos estos ítems respaldan una instalación que no presentan riesgos, pero es de tomar en cuenta que tenemos confiabilidad pero no aseguramos eficiencia, un óptimo servicio debe tener, en cuenta la flexibilidad y facilidad de aumento de las instalaciones, todo esto cumpliendo con estándares de calidad de cada proyecto o ambiente en particular y un adecuado cumplimiento de la respectiva normativa [24]. Ver Anexo 1

1.3. Ampacidad

En el ámbito eléctrico, los conductores son los elementos que transportan energía, las empresas que suministran estos conductores los elaboran con materiales que den baja resistencia cuando pasa la corriente, la mayoría se elaboran en cobre o aluminio, pero no son los únicos materiales también se pueden elaborar con aleaciones todo esto para los diferentes niveles de voltaje y corriente.

Los conductores tienen capacidad de conducción de corriente, este valor depende de la corriente de demanda, que se realiza como análisis previo a una instalación, pero también se lo utiliza para el análisis del conductor el soporte de corriente máxima que soporta este elemento sin sobrepasar el límite físico de temperatura de diseño [25][2].

Los elementos que se ven involucrados como la agrupación de conductores, la temperatura de los cables, para todas estas variables se tienen manuales que garantizan el “factor de corrección por temperatura”, la cual es muy usada en ambientes superiores a 30 °C en donde se ejecute el levantamiento de la obra.[14]. Ver anexo 2

$$I' = \sqrt{\frac{T_c - (T_\infty + \Delta T_\infty)}{R_{cd}(1 + Y_c) * R_{CA}}} 10^3 (A) \quad (1)$$

I' : Temperatura del cable de la instalación.

T_a : Temperatura del cuarto.

ΔT_d : Incremento de temperatura por efecto dieléctrico.

R_{CA} : Resistencia entre conductor y revestimiento.

Y_c : Efecto joule o Skin.

1.4 INEN 19:2001 “Código Eléctrico Nacional o Código de práctica ecuatoriano”

Este código, es una herramienta de seguridad en instalaciones eléctricas, construcciones e indicadores que se deben cumplir, permitidos internacionalmente, los cuales tienen el propósito de garantizar al usuario condiciones seguras y confiables de las instalaciones eléctricas.

El propósito base, es custodiar la vida de los usuarios, trabajadores y de los equipos ante los diferentes eventos que puedan manifestarse con los equipos eléctricos. Este código se organiza

para garantizar seguridad. La ejecución de las mismas y el correcto conservación en todas sus áreas, contribuye a la minimización de eventos en la que corre peligro el personal, pero no necesariamente adecuada para la calidad del servicio o para ampliaciones que puedan venir en el futuro en el uso de equipos eléctricos o uso de la electricidad.[26]. Ver Anexo 3

En los edificios especiales como hospitales, hoteles, laboratorios, el cuarto eléctrico se lo dimensiona con las áreas de trabajo para tener un sistema que se encuentre a una temperatura adecuada una de estas es la distribución, que debe contar con equipos que adecuen el ambiente o sistemas naturales que cumplan el mismo proposito, además de que los SR de mayor potencia superior a 100KVA estos deben tener un cuarto separado según la NEC capítulo 15 en las secciones 15.2.7.12.4.1.1.2. y 15.2.7.12.4.1.1.3. Ver Anexo 4

1.5 Sistemas regulados

Los Sistemas Regulados (SR), son equipos que aseguran y mantienen el suministro eléctrico, de forma ininterrumpida durante un tiempo limitado en presencia o ausencia de energía eléctrica en la red[27].

Proteger la alimentación, eliminar perturbaciones, que ingresa a las cargas críticas, las irregularidades más comunes en una onda de voltaje, y de corriente son los armónicos, los “subvalores” (subtensiones y subcorrientes) y “sobervalores” (sobretensiones y sobre corriente). Las cargas que son alimentadas tienen un valor límite de funcionamiento, que no se pueden sobrepasar para el correcto funcionamiento. Los SR, tienen límites máximos de funcionamiento, al no cumplir con estos límites, estos se desconectan de la red y las baterías de estos equipos alimentan la carga con un límite de tiempo que permite al operador y/o usuario guardar la información hasta el restablecimiento de la red principal que abastece al SR[28][29].

1.6 Alimentación de doble conversión (on-line o Profesional)

En condiciones ideales la red eléctrica alimenta el rectificador y este alimenta la batería, y a través del inversor, a las cargas. Ante eventos en la línea, la energía eléctrica no llega al rectificador, por lo que se activa el sistema que alimentara a la carga a través de las baterías con ayuda del inversor el tiempo de operación de las baterías depende de su capacidad, modelo y potencia que esté suministrando.

La ventaja de estos equipos son que la carga obtiene suministro eléctrico de altísima calidad libre de alteraciones y no se producen desconcierto en las cargas por fallos, una de las

desventajas es el hecho de que la energía se la trata dos veces, al convertirla en continua y luego en alterna, lo que provoca que su rendimiento sea menor y aumentando pérdidas por disipación de calor lo que provoca una baja eficiencia lo que aumentara el consumo de energía a través del aire acondicionado[27][30].

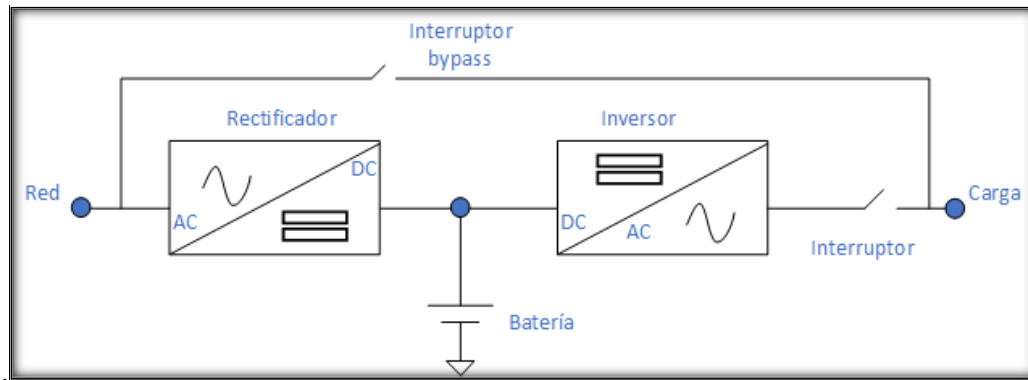


Figura 2: Esquema de bloques de UPS on-line.

Fuente: Autor

Estos sistemas se diferencian de los SR off-line ya que esos sistemas funcionan cuando hay ausencia de tensión es decir que alimentar un SR off-line si la entrada de energía tiene perturbaciones la salida también tiene perturbaciones, y si hay ausencia de energía por algún evento, se activan las baterías y alimenta a la carga, a través del inversor que reconvierte la energía de las baterías, como se menciona este sistema actúa cuando algún evento no permite la alimentación del SR, en cambio los SR on-line, tratan la energía dos veces estos sistemas se los llama SR profesionales.

1.7 Boques funcionales de un sistema regulado

Los sistemas regulados están estructurados en bloques: En donde tenemos filtro, rectificador - PFC, baterías, inversor, bypass estático, bypass manual, paro de emergencia, panel de control. software de control y comunicación[31].

- **Filtro:** Se compone de filtros pasa-bajos o EMI que desaparecen los armónicos de gran frecuencia. Estos filtros trabajan en doble sentido de forma que se eliminan de las perturbaciones provenientes de la red protegiendo el equipo, y que se evite que se esparza las perturbaciones en los SR de la línea.

- **Bloque rectificador:** El rectificador contiene seis elementos, los cuales tenemos para la protección de entrada y seccionador propia del PFC, sensores de corriente que miden y controlan la actuación del PFC el THD tiene que ser inferior al 3 % en carga total, el encargado de suavizar la corriente es el filtro T a la salida del PFC con el fin de desaparecer los armónicos de la frecuencia, puente rectificador trifásico transforma la corriente de alterna a continua, inductores de entrada y bus de corriente continua.

- **Batería:** Las baterías son los elementos que almacenan energía eléctrica continua, durante el modo normal de funcionamiento de un SR. Cuando hay algún evento en la línea, la batería se ocupa de entregar energía eléctrica a la carga por medio de inversores que tratan la energía continua y la transforman en corriente alterna.

- **Bloque ondulator:** Este sistema tiene cuatro partes: bus de continua que filtra la corriente que abastece al PFC y el puente inversor trifásico, este transforma la corriente DC a AC que necesita la carga, los sensores de corriente e inductores de salida evalúan y corrigen la onda de salida esta debe tener un THD menor al 1% con la carga que está abasteciendo.

- **Bloque bypass estático:** Ante algún evento en el rectificador, en la entrada de energía que conlleve sobrecargas, cortocircuitos y límites propios del SR, la carga se alimenta desde la red directamente a través del *bypass* este se encuentra integrado dentro del SR.

- **Bloque bypass manual:** El *bypass* manual se ubica en la parte exterior del SR en donde se instala un breaker termomagnético, para realizar el cambio de alimentación del SR al sistema eléctrico del tablero de distribución es una vía de conexión a los bornes, tanto de entrada como de salida, del SR. En caso de realizar el mantenimiento del SR, se cierra este circuito auxiliar.

- **Bornes para EPO:** Es una clavija externa de emergencia de salida que se conecta a los bornes del SR y que permite desconectar completamente al SR.

- **Panel de control:** Es un indicador de control que informa al técnico encargado del estado del SR mediante una pantalla. Se utilizan diversos programas como interfaz entre el SR y el técnico, como el sistema DSP.
- **Software de control y comunicación:** Hay distintos controles en un mismo SR, pero todos deben comunicarse con un controlador común, por lo que el lenguaje entre estos elementos debe ser el mismo, las diferentes marcas de SR manejan su propio lenguaje por lo que los SR de distintas marcas no siempre tienen la misma comunicación [32][33].

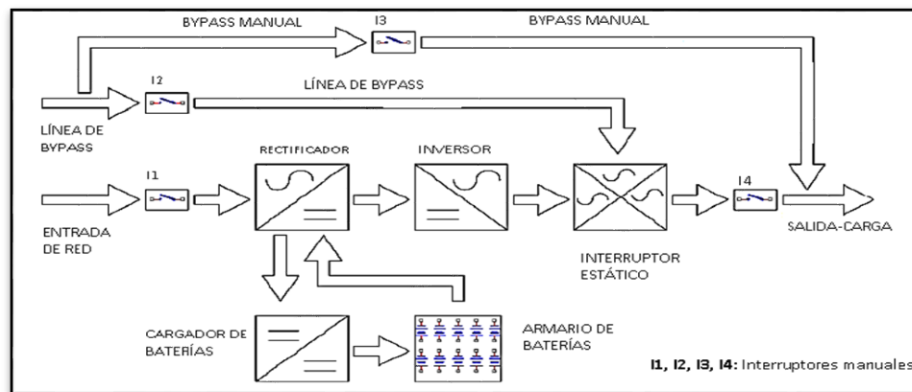


Figura 3: Bloques funcionales principales de un SR[32].

1.8 Problemas de los sistemas regulados y las cargas críticas

En el suministro de energía de las cargas críticas, la mayor parte de equipos informáticos, se repiten problemas. Los más frecuentes son:

Suciedad eléctrica en la red. - La suciedad o ruido en la red deben ser diminutas, en los tableros de distribución de energía eléctrica un SR de capacidad mediana o grande, debe sostener la perturbación de las ondas de entrada lo más reducido, ya que afecta al equipo además de producir irregularidades si son de larga duración.

Aislamiento Galvánico. -Algunos equipos derivan en ruidos en su alimentación, que producen irregularidades en el funcionamiento del resto del sistema. En este sentido se debe asegurar que el SR disponga de material galvánico a la salida de la red.

Periféricos con picos elevados de arranque.- Hay instalaciones que están en conjunto a una gran cantidad de equipos informáticos y otros equipos de distinta operación, puede suscitar uno o varios de estos equipos tengan un aumento de corriente desproporcionado en relación con su

corriente en operación normal esto es muy común con motores eléctricos, de tal forma que si el motor inicia su operación con algún equipo informático, este puede fallar debido a la caída de tensión ocasionada por dicha elevación de corriente muchos de estos eventos se solucionan con filtros o con alternancia de inicio de funcionamiento de los equipos iniciando al de gran consumo de corriente y luego los dispositivos electrónicos[27].

1.9 Variaciones en el suministro eléctrico

La forma de onda ideal debería ser sinusoidal pura, con un voltaje y frecuencia fija, sin alteraciones como los armónicos. Pero en la vida cotidiana, la tensión en su mayoría tiene alteraciones de distinta índole, todos estos análisis se hacen con equipos especiales como el fluke para el análisis de los sistemas. Ver Anexo 5

Causas de las alteraciones en el suministro eléctrico

En la red eléctrica de la empresa distribuidora pueden ocurrir variaciones en el abastecimiento eléctrico por diversas circunstancias sean estas naturales o técnicas.

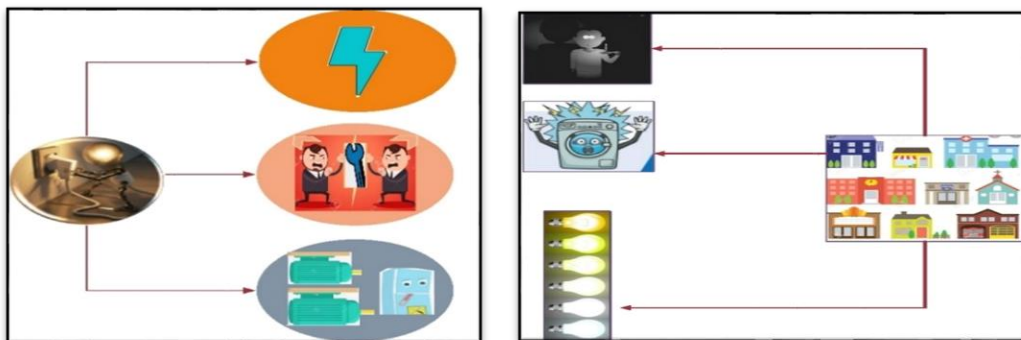


Figura 4: Problemas y causas de las variaciones del suministro eléctrico

Fuente: Autor

Defectos en la alimentación

La onda de la red eléctrica no siempre es una onda sinusoidal pura, pero hay parámetros mínimos que la norma EN 50160 especifica. Algunos de estos problemas son los siguientes [28][34].

- a) **Corte de energía o apagón (Blackout):** Es la suspensión del suministro eléctrico a las cargas. Hay varias causas, entre estos tenemos descargas eléctricas, fallos en las líneas, sobrecargas, accidentes y desastres naturales y nos da como

resultado: daños en equipos informáticos, pérdida de datos, corte del suministro, entre otros.

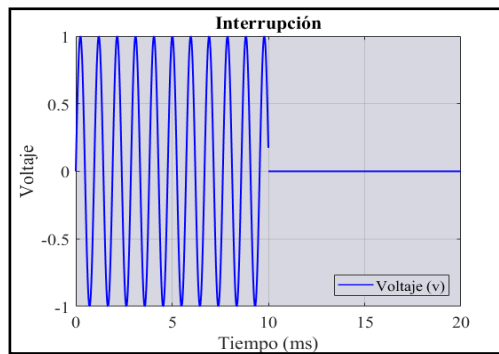


Figura 5: Interrupción

Fuente: Autor

b) Subtensiones momentáneas o micro cortes (Sag): Son las disminuciones del voltaje durante tiempos menores a 20 ms. Los micro cortes son causa, de arranque o encendido de equipos de gran potencia. Estas anomalías pueden ocasionar problemas en cargas con componente electrónico, y pueden tener como resultado daños en equipos informáticos.

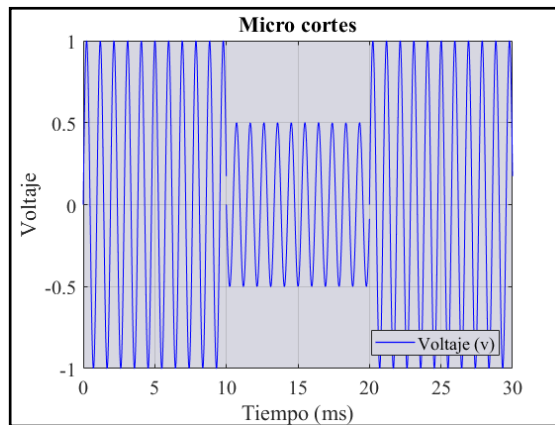


Figura 6: micro cortes

Fuente: Autor

c) Picos de tensión (Surge): Es el aumento transitorio de voltaje por arriba de un 110 % del voltaje nominal. Los picos de tensión son ocasionados por desconexiones rápidas de cargas, desconexiones o paradas de equipos de gran potencia además de las

desconexiones/conexiones de interruptores en la red de distribución. Este evento puede implicar daños en equipos informáticos.

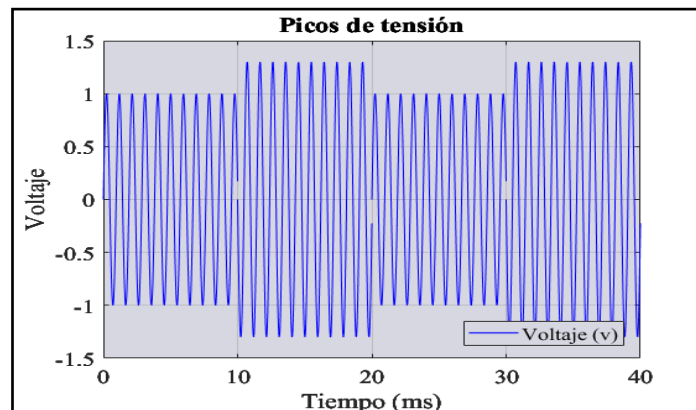


Figura 7: Picos de Tensión

Fuente: Autor

- d) Subtensiones prolongadas (Undervoltage):** Es un voltaje inferior a los parámetros establecido durante un tiempo prolongado. Se pueden deber a una reducción de la tensión en la red en ocasiones de gran demanda y arranques de motores o de cargas inductivas elevadas.

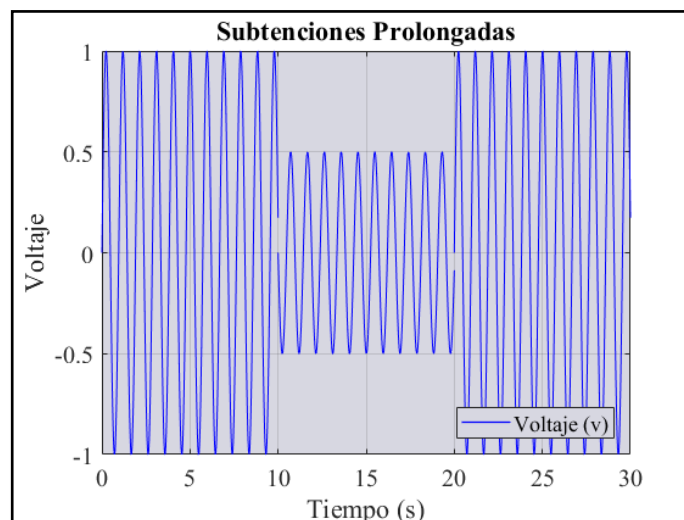


Figura 8: Subtensión prolongada

Fuente: Autor

- e) Sobretensiones prolongadas (Overvoltage):** La caída de rayos en líneas eléctricas son causa de sobretensiones prolongadas. Esto puede causar mal funcionamiento en equipos electrónicos.

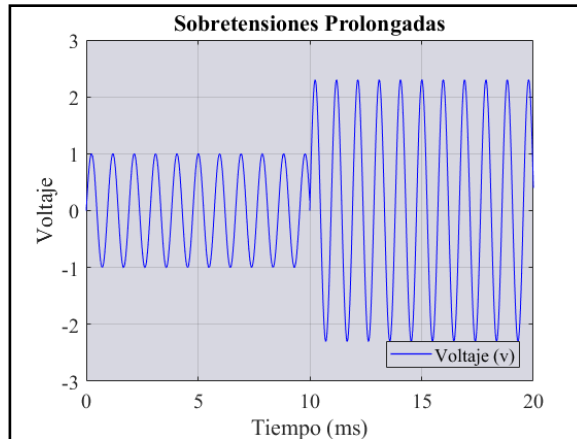


Figura 9: Sobrevoltaje Prolongado

Fuente: Autor

- f) **Ruido eléctrico (Line Noise):** El ruido es mayor produce una deformación en la onda fundamental. Algunos dispositivos que contengan, transmisores, máquinas de soldar, impresoras, rayos x, entre otros producen ruido en la onda de voltaje. El ruido eléctrico causa averías en equipos electrónicos incluso puede borrar información en estos dispositivos desconfigurándolos.

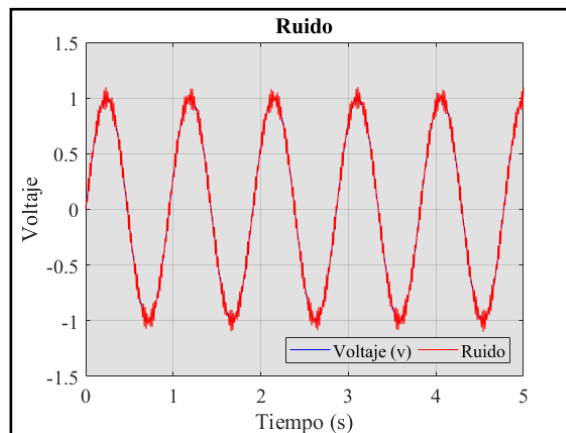


Figura 10: Ruido eléctrico

Fuente: Autor

- g) **Variación de la frecuencia (Frequency Variation):** La variación de la frecuencia en la red se suscita como parte de la operación del sistema eléctrico de potencia. Pueden causar caídas del sistema, mal funcionamiento en los equipos electrónicos, además de pérdida de datos y en el peor de los casos daños a los equipos.

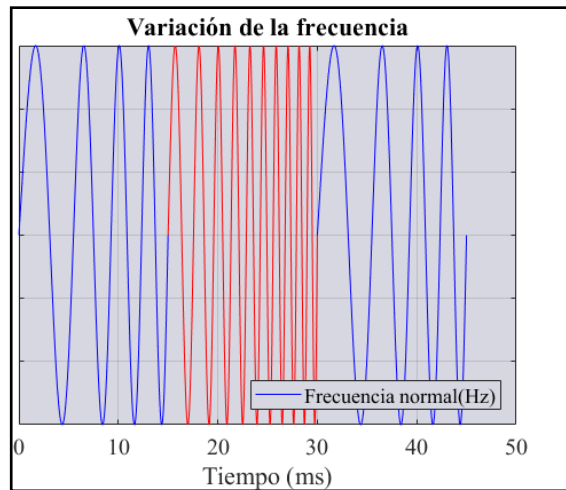


Figura 11: Variación de la frecuencia.

Fuente: Autor

- h) Micro picos (Switching Transient):** Son micro cortes con una duración de nanosegundos. Los micro picos pueden provocar pequeñas fallas de funcionamiento en los equipos informáticos y daños en los mismos.

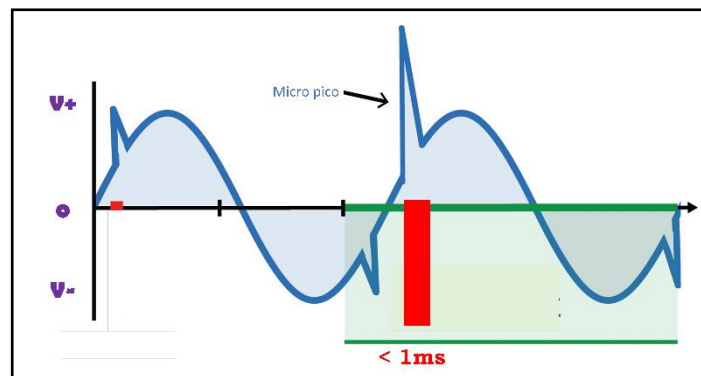


Figura 12: Micro picos [16].

Fuente: Autor

- i) Distorsión armónica (Harmonic Distortion):** La distorsión armónica es la deformación de la onda fundamental debido a la presencia de otras formas de onda senoidales de mayor frecuencia provocada por elementos no lineales en la red como motores eléctricos, cargadores de equipos, luminarias LED, computadoras, incluso algunos tipos de SR por interferencia inductiva en los circuitos de comunicación o problemas de funcionamiento en equipos sensibles [35].



Figura 13: Distorsión armónica.

Fuente: Autor

- j) Interferencia de Radiofrecuencia (RFI): Intrusión de frecuencia muy alta originado por equipos radioeléctricos acoplados o no a la línea, la mayoría de estos equipos son médicos[28].

En la tabla 22, tenemos los grupos que conforman las interferencias y distorsiones que afectan a la red con su respectiva clasificación. Ver Anexo 5.1

Equipos Críticos calidad y eficiencia del servicio.

Equipo Crítico: Todo dispositivo que está a nuestro alrededor, es un equipo crítico que se los usa para las distintas actividades de nuestra vida, como equipos de comunicación como celulares, equipo médico que se utilizan en centros de salud, hospitales, así como también cajeros, todos estos equipos pueden presentar fallas debido a las perturbaciones en la red, sean estas de corto plazo o largo plazo[36].

Cualquier análisis en calidad de energía demanda estándares técnicos, en la que se analiza el suministro eléctrico que va a cada SR, entre los parámetros que se evalúan, tenemos tensión simétrica o sin mucha variación, frecuencia fija y corrientes de igual manera simétricas o sin mucha variación, esto con el fin de garantizar que la cargas críticas tenga el mejor suministro de electricidad, de esta manera se obtiene un servicio de calidad con respecto a la energía eléctrica [35].

Todo suministro de energía puede tener mala calidad, debido a varios eventos ya mencionados, en este proyecto puede ser individual o en conjunto, todos estos factores van a causar daño en

los cables, daño de equipos electrónicos por eventos en los cuales se suspenda el servicio eléctrico.

La calidad de energía disminuye cuando la tensión y la frecuencia del suministro varían con respecto a los límites preestablecidos [37].



Figura 14: Problemas de la calidad de energía

Fuente: Autor

En la tabla 23 tenemos los parámetros y los rangos máximos que puede soportar los equipos electrónicos, médicos o también llamados equipos críticos. Ver Anexo 5.2

1.10 Distribución de la carga Eléctrica

Capacidad Eléctrica

Las cargas que puede tener un sistema se refieren al conjunto de equipos y las corrientes que consumen esos equipos para darnos una potencia en la que opera el sistema. De acuerdo con el comportamiento de la corriente respecto del voltaje en el equipo que consume la potencia, las cargas están inmersas alrededor de nosotros estas pueden ser resistivas, capacitivas, inductivas y no lineal.

Cargas no lineales

Las cargas no lineales están relacionadas con equipos electrónicos de cualquier tipo ya que tienen componente electrónico fusibles, condensadores, resistencias entre otros, que al conectarlos se convierten en cargas inductivas, capacitivas o resistivas durante pequeños periodos de tiempo provocan un deterioro en la forma de onda de tensión y corriente. Dentro de los equipos que se consideran no lineales tenemos los transformadores y los circuitos

magnéticos, las televisiones de alta tecnología, hornos microondas, cocinas de inducción, luminarias LED, cunas térmicas, así como la mayoría de los equipos biomédicos como monitores de signos vitales, lámparas quirúrgicas, cama para pacientes, aparatos para anestesiología, entre otros equipos [9][37].

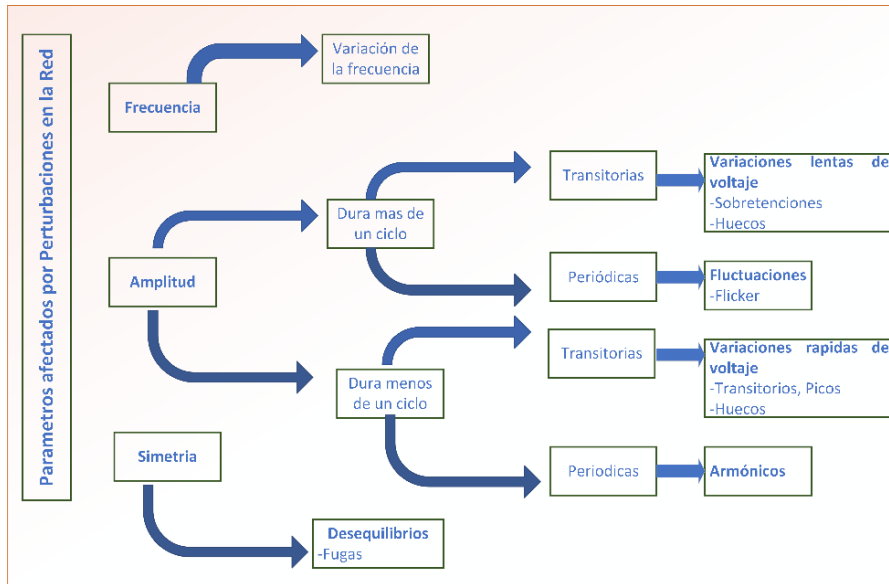


Figura 15: Una clasificación de parámetros afectados por perturbaciones en la red.

Fuente: Autor

1.11 Distorsión Armónica

El deterioro de la forma de onda a frecuencia, de 60 Hz, es una alteración instantánea respecto a la onda de tensión y de corriente cuyas ondas son sinusoidales puras, la no linealidad de las cargas en los sistemas de distribución causa dichas distorsiones. Los controladores de velocidad, las bombas, los cargadores de baterías y equipos de soldadura, originan armónicas [37][38].

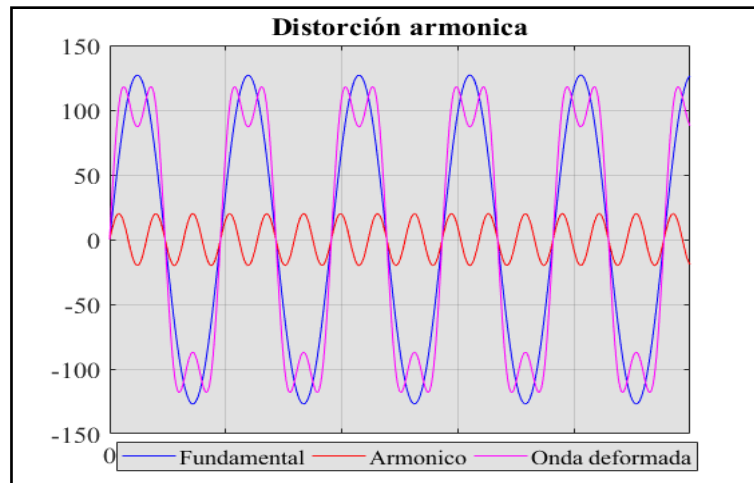


Figura 16: Onda fundamental y su relación con los armónicos.

Fuente: Autor

Efectos sobre equipos electrónicos

Estos equipos son susceptibles a funcionar de forma incorrecta debido a los armónicos, dado que necesitan el valor cero que cruza en la onda de voltaje, la distorsión armónica provoca que los equipos electrónicos trabajen a una temperatura más elevada que su valor de diseño. Además, pueden ocasionar daños a las tarjetas electrónicas cada armónico tiene su propia secuencia[6]. Ver anexo 6

Los armónicos triples circulan por el cable neutro. Los armónicos se producen en corriente como en voltaje, entre más alta sea la frecuencia en corriente, más elevada será la frecuencia relativa al campo electromagnético, esos campos pueden distorsionar los flujos de datos provocando su pérdida, errores, y velocidad de transmisión de datos más lentos [9].

Los efectos de las armónicas en equipos comunes de la vida diaria, como televisores, radios, grabadoras de video entre otros no son de gran importancia, pero en los equipos médicos la situación es de alto riesgo, para evitar que se presenta un mal funcionamiento se utilizan líneas de potencia acondicionadas.

1.12 Parámetros para la medición según Resolución ARCONEL N° -053/18

Para normar los armónicos se utiliza ecuaciones matemáticas que cuantifican, todo el contenido armónico que puede estar en la red.

Índice para armónicos de corriente

Los parámetros o índices que se ocupan para la corriente de manera individual o total se utiliza esta ecuación para la distorsión armónica.

$$D_i = \frac{I_i}{I_n} \times 100\% \quad \text{Ec. (2)}$$

D_i : Distorsión armónica de corriente solitaria.

I_i : Corrientes individuales del armónico.

I_n : Corriente nominal del suministro.

$$THD_i = \frac{1}{I_L} \sqrt{\sum_{i=2}^{\infty} (I_i)^2} \times 100\% \quad \text{Ec. (3)}$$

$$TDD_i = \frac{1}{I_L} \sqrt{\sum_{i=2}^{\infty} (I_i)^2} \times 100\% \quad \text{Ec. (4)}$$

Índices para armónicos en tensión:

Los índices que se ocupan para la tensión se utiliza esta ecuación de manera individual o total.

$$D_v = \frac{V_i}{V_n} \times 100\% \quad \text{Ec. (5)}$$

D_v : Distorsión armónica de voltaje individual

V_i : Armónico de cada voltaje

V_n : Voltaje nominal del suministro

$$THD_v = \frac{1}{V_n} \sqrt{\sum_{i=2}^{\infty} (V_i)^2} \times 100\% \quad \text{Ec. (6)}$$

Armónicos y factor de potencia

El indicador del factor de potencia es uno de los índices que nos da información sobre cómo influye la potencia aparente, sobre la total o la inclusión de armónicos, este factor evalúa la eficiencia, los armónicos disminuyen el factor de potencia ya que aumenta la potencia aparente el límite del factor de potencia que el Ecuador maneja es de 0.92 según la regulación del CONELEC 004/01.

$$FP = \frac{P}{S} = \frac{P}{VxI_{RMS}} = \frac{P}{Vx\sqrt{I_1^2+I_2^2+\dots+I_n^2}} \quad \text{Ec. (7)}$$

La presencia de armónicos genera la componente D que se suman a la ecuación de la potencia aparente.

$$S_{Total} = P^2 + Q^2 + D^2 \quad \text{Ec. (8)}$$

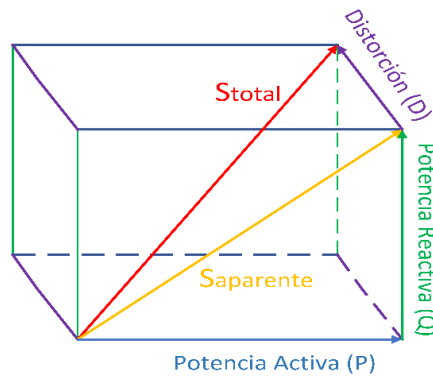


Figura 17: Factor de Potencia en presencia de armónicos

Fuente: Autor

Las perturbaciones tienen acotaciones, la distorsión armónica en corriente de forma individual y total son las siguientes según la resolución del ARCONEL N° 053/18 que toma como referencia a la norma IEEE 519 para instalaciones que el límite máximo para los armónicos totales es del 5%. Ver Anexo 6.1

Distorsión en Equipos

Los límites que permite la operación correcta de dispositivos de potencia cuya entrada supere los 16 amperios por cada fase está dada por la IEC 6100034 en equipos de baja tensión que se manejan en distintos complejos como hospitales[37].

$$\text{Corriente armonica admisible} = \frac{I_n}{I_1} * \%$$

Donde

I_n = Componente de corriente armonica

I_1 = Corriente fundamental clasificada

Tabla 1: Límites de distorsiones armónicas en corriente. [8]

Armónicos	IEC 61000-34 (%)
3	21,6
5	10,7
7	7,2
9	3,8
11	3,1
13	2
15	0.7
17	1,2
19	1,1
23	0,9
25	0,8
27	<=0,6
29	0,7
31	0,7
>=33	<=0,6
Total, THDI	<8

En la tabla 2 se tiene los límites de armónicos según la regulación 053/18, según el nivel de voltaje que tiene que cumplir el consumidor en el territorio ecuatoriano.

Tabla 2: Límites máximos de armónicos de voltaje (%) [39]

Nivel de Tensión	Armónica Individual (%)	THD (%)
Bajo Tensión	5	8
Medio Tensión	3	5
(Grupo 1) Alto Tensión	1.5	2.5
(Grupo 2) Alto Tensión	1	1.5

Nivel de tensión

Este índice mide las variaciones de la tensión

$$\Delta V_k = \frac{V_k - V_N}{V_N} \times 100\% \quad \text{Ec. (9)}$$

ΔV_k : Variación de la tensión respecto al voltaje teórico en el punto k.

V_k : Tensión de la red en el punto k, con medidas obtenidas y registradas cada 3 segundos en un periodo de 10 minutos.

V_N : Tensión teórica en el punto k.

En la tabla 3 tenemos los límites máximos de las variaciones de tensión, que el consumidor debe cumplir.

Tabla 3: Acotaciones para el índice de tensión.[39]

Valor de tensión	Rango admisible
Alta Tension (Grupo 1 y 2)	$\pm 5\%$
Media Tension	$\pm 6\%$
Baja Tension	$\pm 8\%$

Flicker

Este indice mide la inflexibilidad de las variaciones de los picos de del ensión en un corto plazo este indice se evaluar con la norma IEC.

$$P_{st} = \sqrt{0,0314P_{0,1} + 0,05254P_1 + 0,0657P_3 + 0,28P_{10} + 0,08} \text{ Ec. (10)}$$

P_{st} : Indice de inflexibilidad de fliker de duración corta.

Estos son niveles que pueden sobrepasar desde el 0 por ciento hasta el cincuenta por ciento en el tiempo de intervalo de medicion.

Desequilibrio

El indice mide las desigualdades de la corriente y se lo calcula con la siguiente ecuación.

$$D(\%) = \frac{I_m - I_{prom}}{I_{prom}} \times 100\% \text{ Ec. (11)}$$

$D(\%)$: Desequilibrio en corriente

I_m : Corriente media

I_{prom} : Corriente promedio

El indice de desequilibrio en tensión

$$D(\%) = \frac{V_m - V_{prom}}{V_{prom}} \times 100\% \quad \text{Ec. (12)}$$

$D(\%)$: Desequilibrio en Tensión

V_m : Tensión media

V_{prom} : Tensión promedio

1.13 Baterías en los Sistemas Regulados

Los equipos de los SR pueden funcionar a temperatura de hasta 40 °C a 100% de su potencia nominal. Las baterías almacenan energía eléctrica y en caso de fallo de la red debe, las baterías deben suministrar energía a la carga por medio del inversor. Las baterías se conectan en grupos, serie- paralelo como se observa en la figura lo que facilita el cambio de baterías o mantenimiento de estas e incluso aumentar el número de baterías [20].

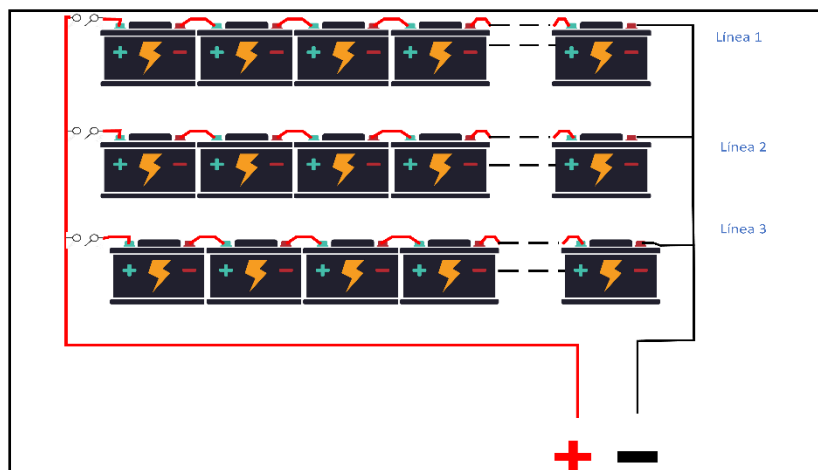


Figura 18: Configuración de baterías.

Fuente: Autor

La elección de las baterías afecta directamente a la eficiencia de los SR. Se tienen las baterías de plomo (ácidas) o de níquel-cadmio (alcalinas). Se utilizan las baterías de plomo ya, que son más baratas, pero tienen deficiencias considerables en descargas rápidas, las de níquel-cadmio tienen mejor desempeño en descargas rápidas, no producen gases nocivos por lo que la ventilación debe ser uno de los principales requisitos para la puesta de estos sistemas al igual que el ambiente óptimo y pueden regenerarse después de una descarga total y prolongada. Una de las desventajas es que no pueden ser cargadas más allá del 90% de su capacidad y esto afecta al dimensionamiento del inversor del SR.[27][26].

Las baterías son más sensibles a la temperatura no importando su tecnología por lo que es necesario mantener en una temperatura estable de 20°C a 25° C además de que necesitan equipos de ventilación que asegure la evacuación de los gases nocivos que emanan las baterías si son de plomo es recomendado por las normativas NEC y la INEN 19:2001 un buen sistema de ventilación[26]:

1. Un aumento de 5°C daña de manera directa en un 30 % de la vida útil de las baterías.
2. Un aumento de 10°C daña de manera directa en un 50 % de la vida útil de las baterías.
3. Un aumento de 20°C daña de manera directa en un 75 % de la vida útil de las baterías.

Para el cambio de baterías se recomienda:

- Cuando no hay información de los bancos de baterías, como fecha de instalación o fecha de revisión, el técnico responsable será el encargado de solicitar un cambio de baterías.
- Se debe verificar la temperatura de operación del cuarto de baterías, la corrosión de los bornes si existiera y la hinchazón de las baterías.
- Es recomendable cambiar las baterías un año antes de su vida útil. Esta información se encuentra detallada en la hoja de especificaciones, y si no estuviese el proveedor tendrá la responsabilidad de indicar la vida útil de las baterías.
- No importa cuál tecnología use las baterías, estas cumplen el mismo propósito solo cambia su capacidad, el tiempo de descarga y su vida útil [33].

A continuación en la figura se muestra la reducción de la vida de las baterías, con respecto al aumento de temperatura.

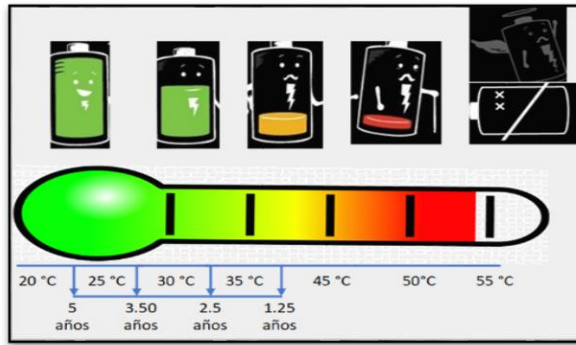


Figura 19: Influencia de temperatura

Fuente: Autor

1.14 Redundancia del SR.

Existen varias configuraciones para establecer redundancias: [40].

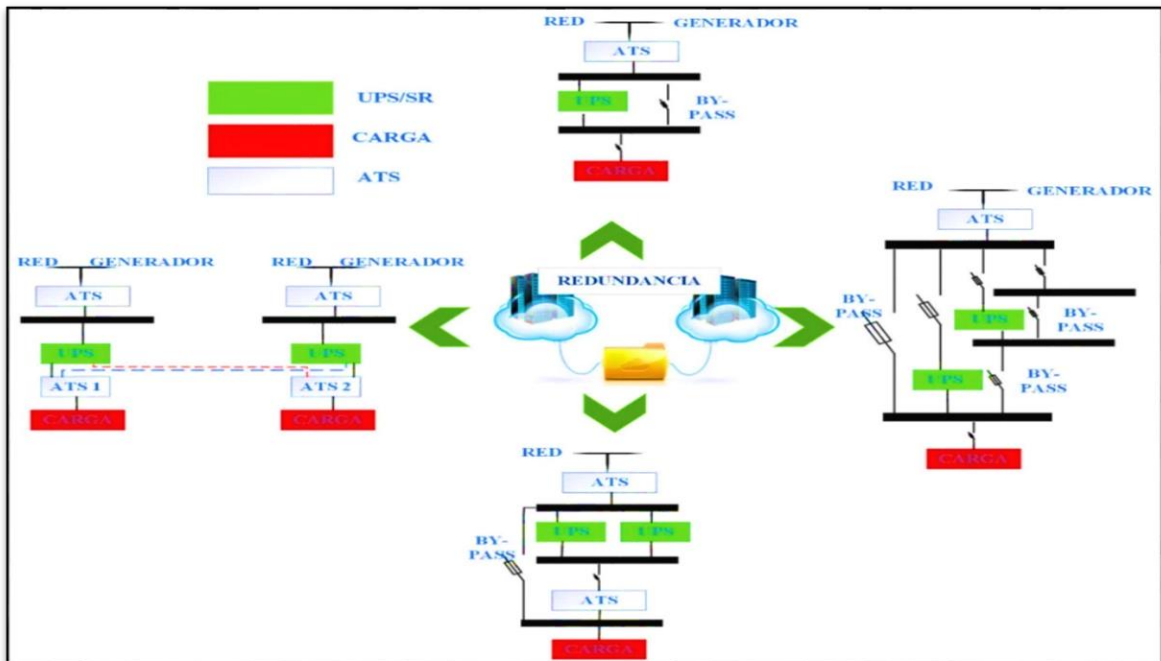


Figura 20: Redundancia de SR. (STS/ATS)

Fuente: Autor

Redundancia en espera con bypass (N+1):

Se puede añadir un circuito de derivación para mejorar la confiabilidad y la continuidad de la potencia de la carga, además de permitir la transferencia de carga de un SR a otro sin afectar la carga del sistema[33].

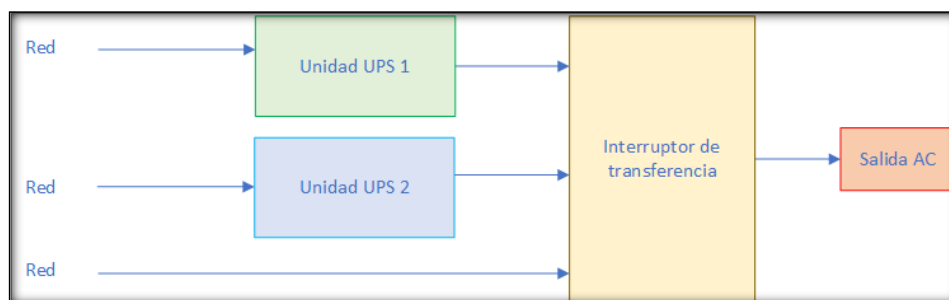


Figura 21: Redundancia en espera con bypass (ATS)

Fuente: Autor

Tabla 4: Ventajas y desventajas del sistema N+1[40]

Ventajas	Desventajas
Alto nivel de disponibilidad elevado para las configuraciones.	Ambos sistemas regulados tienen que ser idénticos en cuanto al diseño, fabricante, régimen nominal tecnología y configuración.
Las probabilidades de falla son minúsculas en comparación con las de las configuraciones redundantes aisladas, ya que esta configuración tiene menos disyuntores, y los módulos están en línea constantemente.	En el mantenimiento de los SR, los equipos conectados a este sistema no están protegidos de las perturbaciones ya que toman energía directa de la red, sin pasar por un filtro en este caso los UPS.
Se puede aumentar la potencia agregando más unidades.	Los niveles de eficiencia son bajos, ya que ninguna unidad se utiliza al 100%.
La disposición de hardware es rentable y simple.	Existe una barra de carga por sistema, que es un punto de falla único.

1.15 SPT

EL objetivo base del SPT es garantizar que, ante cualquier evento sea este interno o externo debe ser descargada a tierra, de una forma tal que no genere, una diferencia de potencial que son peligrosos para las personas cercanas a la zona donde ocurra la falla. Se trata de conducir la corriente de falla a tierra de forma segura y que lesiones a las personas o afecte a equipos. Además, la impedancia del sistema de tierra tiene que ser suficientemente baja de modo que operen de manera oportuna los equipos de protección[41][18].



Figura 22: Razones para tener un SPT

Fuente: Autor

Requerimientos básicos:

Cuando se tienen equipos médicos hay mayor posibilidad de una operación inapropiada debido a la ausencia de un SPT o por una resistencia muy elevada. Todos los componentes del SPT deben estar interconectados, para garantizar su operación apropiada [11] [42].

-Tener una baja resistencia de puesta a tierra. - Esto evita que exista potenciales peligrosos durante una falla que pueda producir daños a las personas o daños a los equipos. Los valores de cada SPT dependen del tipo de instalación.

-Habilitar conexiones equipotenciales. -Con esto evitamos las diferencias de potencial que pueden existir en las partes metálicas. Las pruebas de continuidad permiten corroborar la equipotencialidad, el material corroído presenta una resistencia mayor que el metal sin corroer del que estaba hecho originalmente [41].

-Amplitud de conducción efectiva de la corriente de falla. - El sistema tiene como fin permitir que la corriente vaya a tierra de forma segura, es decir que permita la actuación de los sistemas de protección. Redundante a este sistema, hay más caminos extras para la corriente de falla a tierra, a través de los electrodos verticales y horizontales que se instalan para los equipos electrónicos, de potencia y de protección contra descargas atmosféricas. Esta vía de retorno debe ser tal que se eviten voltajes peligrosos para las personas, además del daño a los equipos. El resultado de la impedancia debe calcularse, tomando en cuenta la instalación donde se va a instalar el SPT sea este una industria, residencial, o de equipos sensibles[11][12].

En las edificaciones hospitalarias se manejan 3 SPT, que abarcan a equipos sensibles, equipos normales y los pararrayos en la que estos se conectan todos para garantizar la máxima seguridad posible.

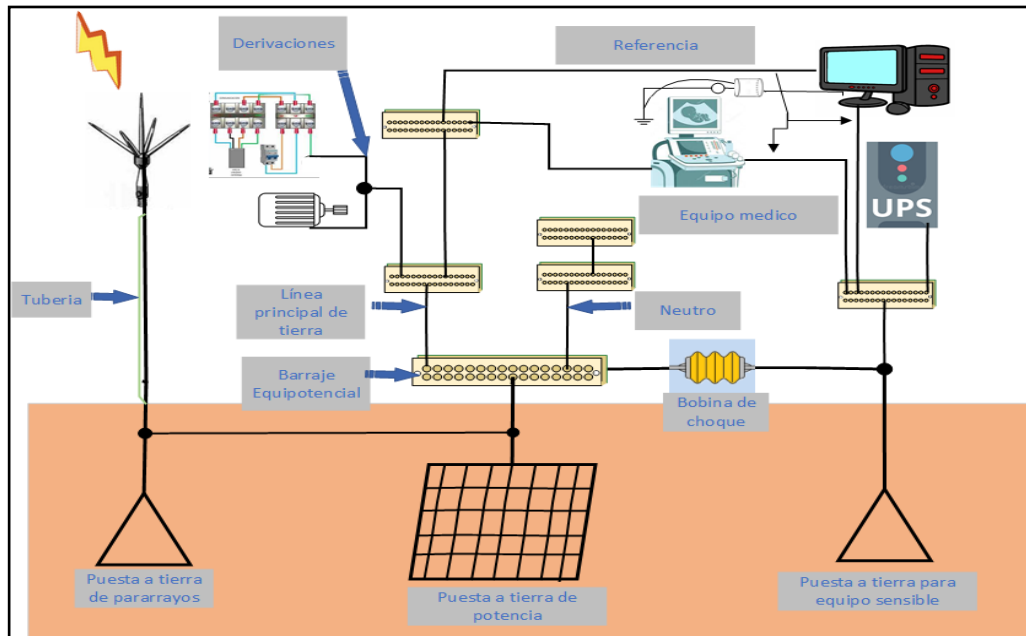


Figura 23: Diagrama de puesta a tierra para hospitales.

Fuente: Autor

En la figura se muestra las fallas clásicas al instalar los SPT, en las edificaciones por lo que es necesario tener en cuenta.

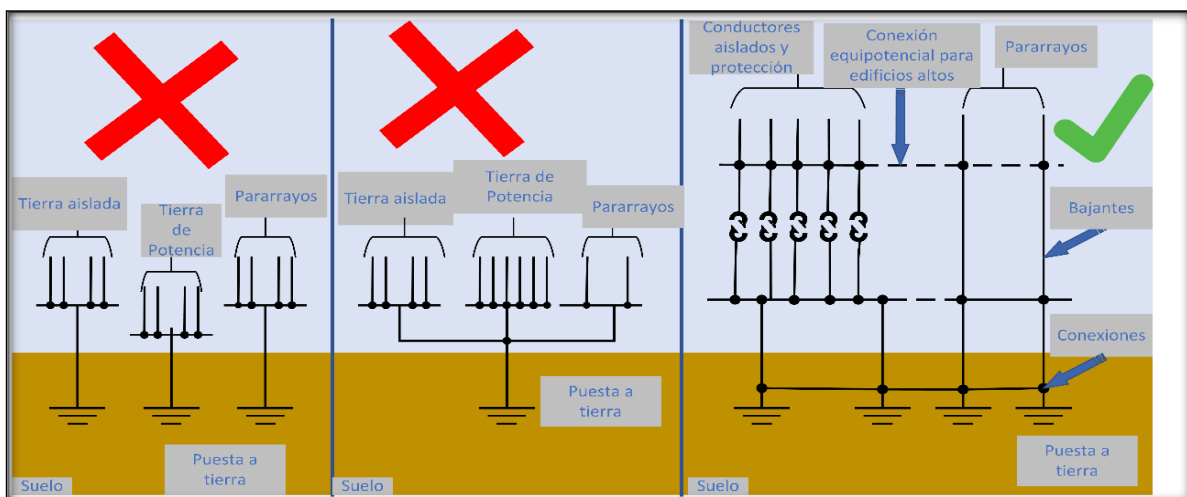


Figura 24: Conexión adecuada de electrodos. Los SPT dedicados deben ser equipotencializados, bien sobre el suelo o subterráneamente.

Fuente: Autor

En la NFPA 70 en la sección 250-81 en la instalación del electrodo a tierra, admite conectar el conductor de cobre del electrodo de tierra mediante conectores, estos pueden ser de distinto tipo como de presión o mediante soldadura exotérmica que puedan garantizar la correcta descarga a tierra de corrientes de falla, según la NEC en la sección 250.53 b) los electrodos y conductores que conforman cualquier tipo de malla deben estar enterrados a una profundidad de 0.5 m y separados con una distancia de 1.8 m o que los electrodos y cables en paralelo perpendicular deben estar con una distancia mínimo igual a la longitud del electrodo.[7]

Unificación mediante bobina de choque

La bobina de choque es un elemento acoplador que se utiliza para interconectar los SPT de potencia y de equipo sensible fuera de áreas clasificadas [43].

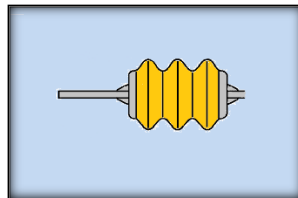


Figura 25: Ejemplo de bobina de choque para interconexión de tierras.

Fuente: Autor

Cuando una corriente de rayo es captada por una punta Franklin, es conducida por el bajante, la bobina de choque funciona como un desacople a través de las puestas a tierra de cargas críticas y de cargas alternas. Cuando se presenta la descarga entonces el equipo ofrece una alta impedancia mientras que la operación por un evento en baja frecuencia o en cargas críticas implica un camino de baja impedancia [44]

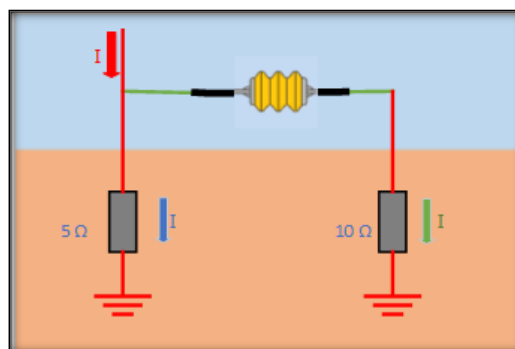


Figura 26: Interconexión de tierras.

Barrajes Equipotenciales

La barra del SPT es una placa de cobre o aleación de cobre con alma de acero, con dimensiones específicas que deben cumplir lo siguiente:

- Deben ser específicos al tipo de instalación a realizar considerando el incremento de equipos a ser instalados.
- Los terminales de conexión a la barra deben estar certificados para su uso en sistemas de tierra.



Figura 27: Barra equipotencial.

Fuente: Autor

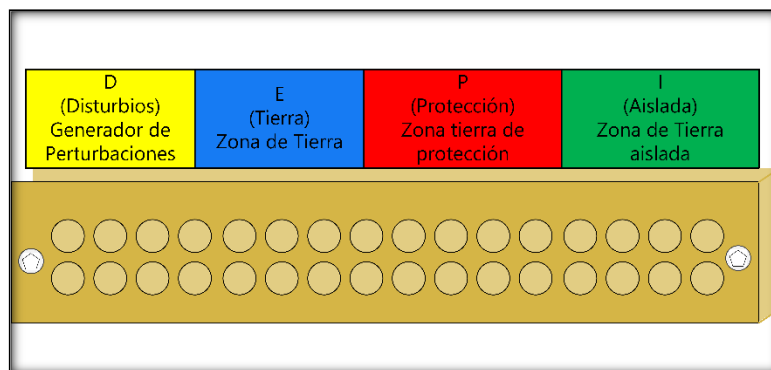


Figura 28: Zonas de conexión.

Fuente: Autor

Procedimientos para la reducción de la resistencia:

Entre los distintos métodos para reducir la resistencia eléctrica están:

- El aumento del número de electrodos verticales (picas o jabalinas) en paralelo, a suficiente distancia entre ellos para evitar el fenómeno del acoplamiento mutuo.
- El aumento de longitud y diámetro de los electrodos horizontales o verticales.
- Tratamiento químico electrolítico del terreno.

Calidad del SPT

Las normas para hospitales tienen límites basados en un aterrizado a tierra específico. Los valores aproximados se encuentran entre 0.15Ω y 0.2Ω , rango de valores regulados por la norma IEC 62305-2[11][45]. Ver anexo 7

Para los aparatos que se utilizan en el cuidado de pacientes la resistencia entre el chasis del aparato o cualquier superficie conductora expuesta del equipo, y la clavija de tierra del enchufe debe ser menor a 0.5Ω [2][21].

En siguiente tabla se muestra los valores que tienen que llevar la resistencia de los SPT en hospitales para garantizar, la seguridad de los pacientes.

Tabla 5: Calidad del sistema del SPT[21]

Resistencia	Baja Tensión	SPT Hospitalario
Menor a 1Ω	Excelente	
Entre 1Ω y 5Ω	Muy buena	Equipo sensible
Entre 5Ω y 10Ω	Buena	Malla General y pararrayos
Entre 10Ω y 15Ω	Aceptable	-----
Entre 15Ω y 20Ω	Regular	-----
Mas de 20Ω	Mala	-----

Método de medición de la malla a tierra

La resistividad del suelo puede ser calculada mediante equipos de medición especializado llamado telurómetro, que nos dará una el valor de la resistencia hay varios métodos por lo que es necesario saber que distribución del SPT tenemos.

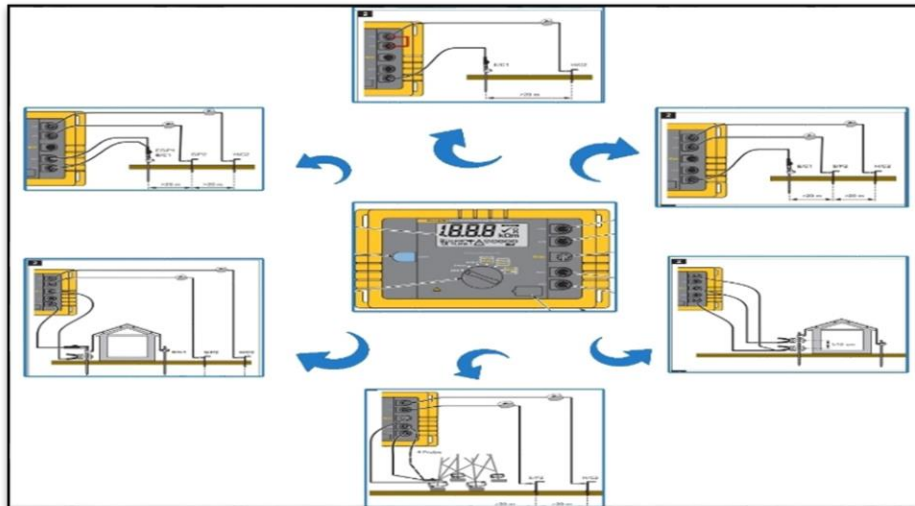


Figura 29: Medición del SPT

Fuente: Autor

Método sin estacas

El método sin estaca mide la resistencia de un electrodo del SPT sujetándolo al cable descendente o la pica dentro del pozo de medición, cuando se enciende, las pinzas amperimétricas inducen un voltaje, en el sistema de tierra integrado, incluido el electrodo del SPT bajo medición. El voltaje inducido hace que una corriente fluya hacia el sistema, que se mide por metro. La relación la impedancia en formato digital por el equipo de medición.[17].

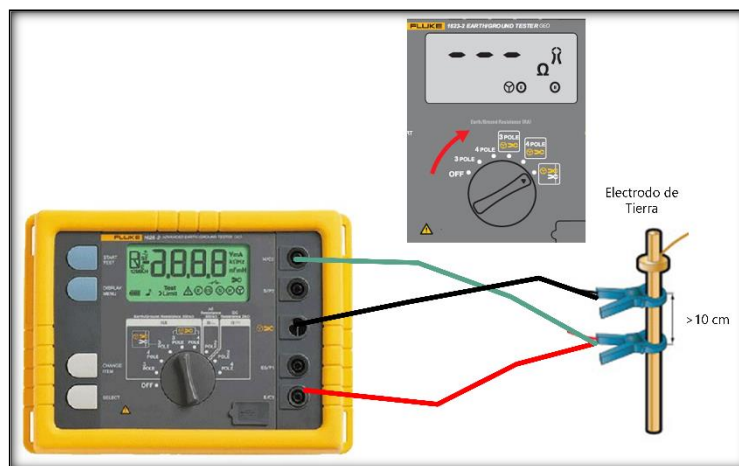


Figura 30: Método sin estacas.

Fuente: Autor

1.16 Termografía ISO18434-1

La termografía es un método que permite examinar un equipo o una estructura eléctrica en búsqueda de patrones de temperaturas fuera del rango operativo nominal, la temperatura a la cual se encuentran bajo condiciones normales. Al estar fuera de ese rango se registran elevaciones de temperatura que nos dan una pista de qué zonas se encuentran sometidas a un mayor esfuerzo eléctrico.

Tabla 6: Ventajas y desventajas del uso de la cámara térmica[15]

Ventajas	Desventajas
Da una observación completa del estado de los elementos “tiempo real”.	No identificar fallas que no se manifiesten externamente con un aumento de temperatura.
No requiere manipular los elementos bajo estudio, por lo cual es no invasivo.	Reflejos solares o superficies brillantes que detecta el programa perturban los datos.
Localiza e identifica las irregularidades térmicas.	El equipo es de un costo elevado
Algunos equipos cuentan con un programa de análisis y los más baratos no cuentan con el mismo.	El personal tiene que ser capacitado para el manejo del equipo.

La evaluación de eventos en la que implique a los cables, en caso de existir alguna temperatura que sea peligrosa para los distintos equipos, permite instaurar una o varias propuestas de mantenimiento que garantice que todos los equipos estén disponibles cuando se requiera, además de garantizar la operación de equipo de la institución o empresa, reduciendo el tiempo perdido por paradas no programadas[46][15]. Ver anexo 8

1.17 Áreas hospitalarias

Las áreas hospitalarias se clasifican de la siguiente forma según la norma NFPA 99 que corresponden a los grupos y nivel de riesgo en estas áreas en donde la vida del paciente está en riesgo.

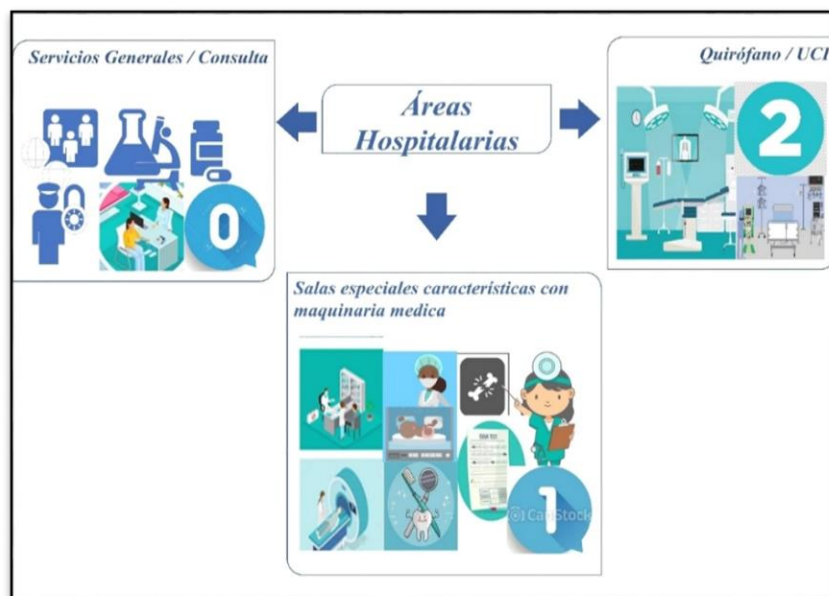


Figura 31: Áreas Hospitalarias.

Fuente: Autor

Grupo 0: No hay riesgo eléctrico ni complicaciones con el paciente en áreas como, consulta externa, farmacia entre otras.

Grupo 1: Área médica donde el equipamiento médico tiene leve riesgo eléctrico en la intervención del paciente de forma:

- Externamente
- De forma invasiva a cualquier parte de cuerpo excepto donde se aplica al grupo 2.

Grupo 2: Áreas médicas donde el equipamiento médico de alto riesgo en procedimientos intracardiacos, quirófanos, y tratamientos vitales donde la falla del suministro pueda causar la muerte del paciente [4][47].

Sistema eléctrico médico

El sistema electro médico es una combinación de elementos de equipos de los cuales están interconectados mediante una conexión funcional uso de tomacorriente normal o regulado. Si es un SR o grupo electrógeno deben cumplir con la norma de la NEC en la que especifica que los sistemas de emergencia o complementarios deberán trabajar como mínimo 1.5 horas después de algún evento [26][2].

Bloques de funcionamiento del HGONA

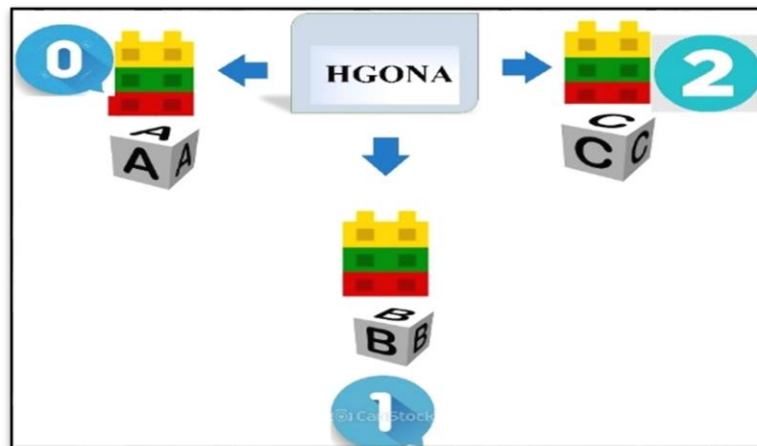


Figura 32: Bloques Hospitalarios del HGONA.

Fuente: Autor

Sistema de alimentación:

Todos los sistemas deben diseñarse para facilitar el cambio automático de la red con el propósito de garantizar el constante suministro de energía al tablero de distribución principal para evitar que se desconecten las cargas pudiendo producir alguna mala infortunio con los pacientes en el peor de los casos la muerte[11][47].

Clasificación de equipos biomédicos:

Estos equipos biomédicos son equipos de gran complejidad de prevención, diagnóstico, que además evalúan a los pacientes, de las lesiones o enfermedades dando un diagnóstico que es interpretado por un doctor o enfermera estos equipos ayudan a resolver problemas de distinta índole en salud. Esta clasificación depende del nivel de protección. Los equipos biomédicos pueden ser utilizados en aplicaciones diferentes, por lo que su nivel de riesgo no es el mismo y depende de las utilidades que se le da al equipo.[11].



Figura 33: Equipos médicos.

Fuente: Autor

El HGONA cuenta con varias áreas hospitalarias, con lo que se utilizan varios equipos médicos de diferente clase por lo que en la figura se muestra de manera general como están distribuidos la clase de equipos médicos en el hospital

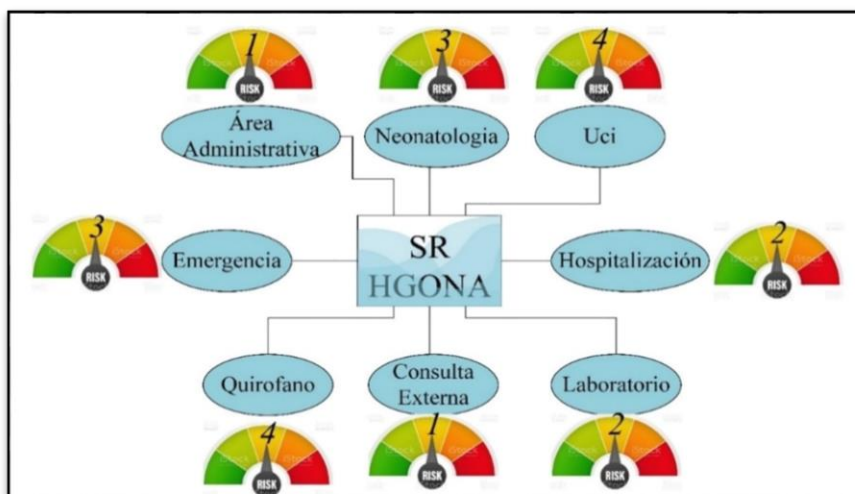


Figura 34: Equipos médicos en HGONA.

Fuente: Autor

CAPÍTULO 2

2. Metodología

2.1 Recopilación de Datos en el HGONA

Con el personal de mantenimiento se reconoció las áreas en el HGONA, se pudo identificar los SR que se utilizan en esta casa de salud, además de identificar a los generadores, tableros que componen todo este sistema, se hizo una vista preliminar de los pozos del SPT que tenían conocimiento los encargados de mantenimiento

Se realizó una prueba al sistema de eléctrico para saber la calidad que suministra al HGONA se procedió a tomar datos en varios días con el fin de encontrar cualquier anomalía que causen, afectan o dañan a los sistemas regulados.

En primera instancia, se identificó el cuarto de transformación en donde llega la energía eléctrica de la EEQ. Se constató que la potencia instalada es de 1800kVA, distribuidos en 3 transformadores de 1000kVA, 500kVA y 300 KVA. Todos estos equipos se encuentran en el subsuelo del bloque C.



Figura 35: Tablero principal de alimentación de los SR.

Fuente: Autor

2.2 Generadores del HGONA

En los grupos electrógenos del HGONA se realizó una inspección visual del estado físico de los equipos. Se identificó los indicadores de aceite, indicadores de presión, indicadores de nivel de agua y por último indicadores de temperatura. Los indicadores no muestran ninguna anomalía en los generadores. El ambiente en el que están los equipos cumple con los

reglamentos establecidos por la normativa NFPA 70 en el artículo 110-13, 110-31 sección a) donde se especifica envolvente de las instalaciones eléctricas en instalaciones interiores, además del código de práctica ecuatoriano INEN 19:2001 sección 445, en donde establece su ubicación, señalización. El funcionamiento de estos equipos está programado para que se enciendan una vez a la semana los viernes.



Figura 36: Generadores del HGONA.

Fuente: Autor

2.3 Sistema de transferencia automática (ATS):

Se verificó el estado físico de los equipos de ATS. Estos sistemas cumplen con las normas de la NEC sección 110-13 en la refrigeración de los equipos y sección 15.1.4.1 de los sistemas de emergencia. El estado físico de estos equipos es el apropiado. La ventilación de estos tableros es realizada por una corriente natural de aire, ya que el espacio de trabajo es amplio, y señalizadas de manera general estos equipos no presentan temperaturas excesivas ni los conductores.

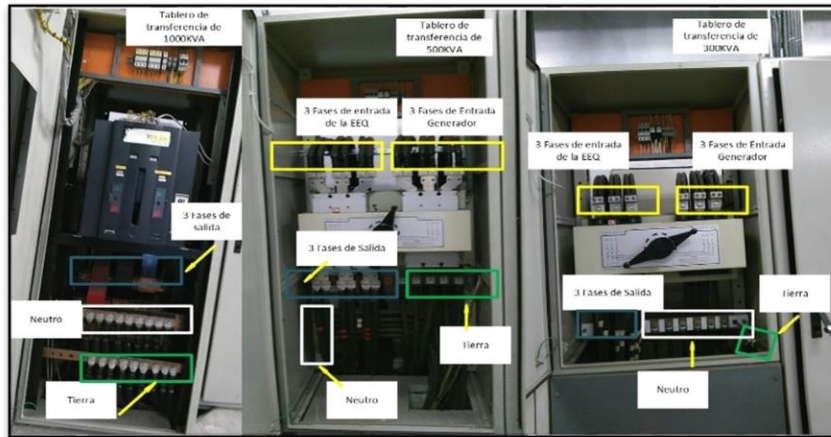


Figura 37: Tablero principal de alimentación de los SR.

Fuente: Autor

Tableros de Distribución:

El tablero de carga principal del transformador de 1000kVA abastece en su mayoría a todo el hospital, teniendo conectado el sistema eléctrico y en su mayoría a los SR. El sistema de 1000kVA tiene un consumo del 25%.

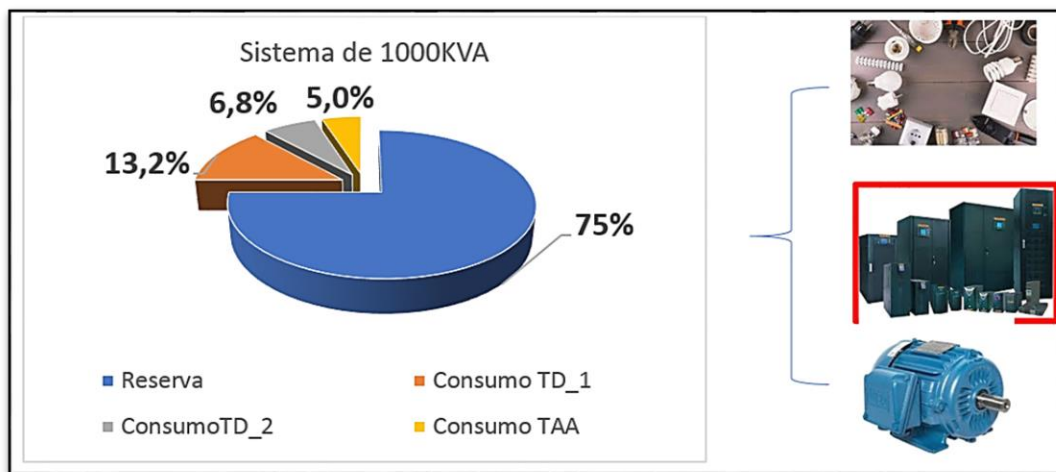


Figura 38: Cargas del sistema de 1000KVA

Fuente: Autor

En el sistema de 500kVA se constató que abastece una parte del sistema eléctrico general, y también lleva un SR que abastece a toda el área de Neonatología el consumo de este sistema de 500kVA es de 12%.

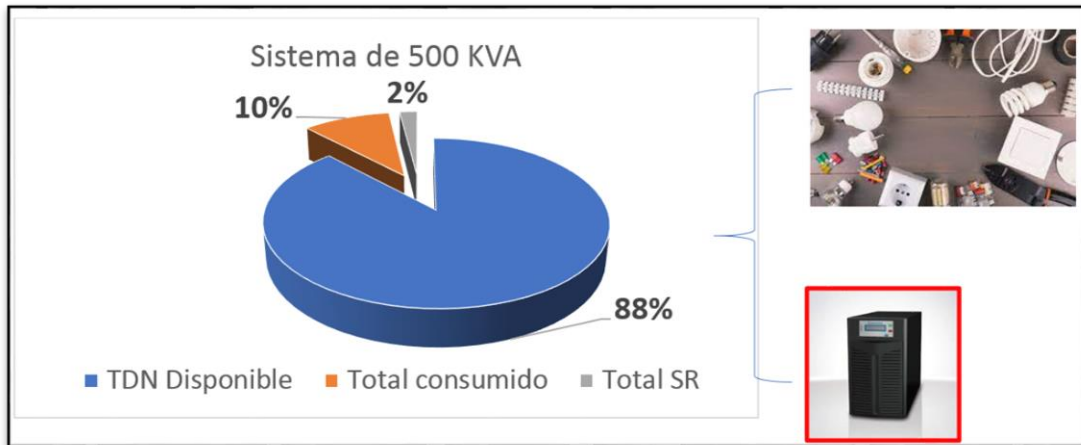


Figura 39: Cargas del sistema de 500KVA

Fuente: Autor

En el sistema de 300kVA se constató que abastece a equipos como rayos x, tomografías, densitómetro, mamografías entre otros en el HGONA. El consumo de este sistema de 300kVA es de 10%.

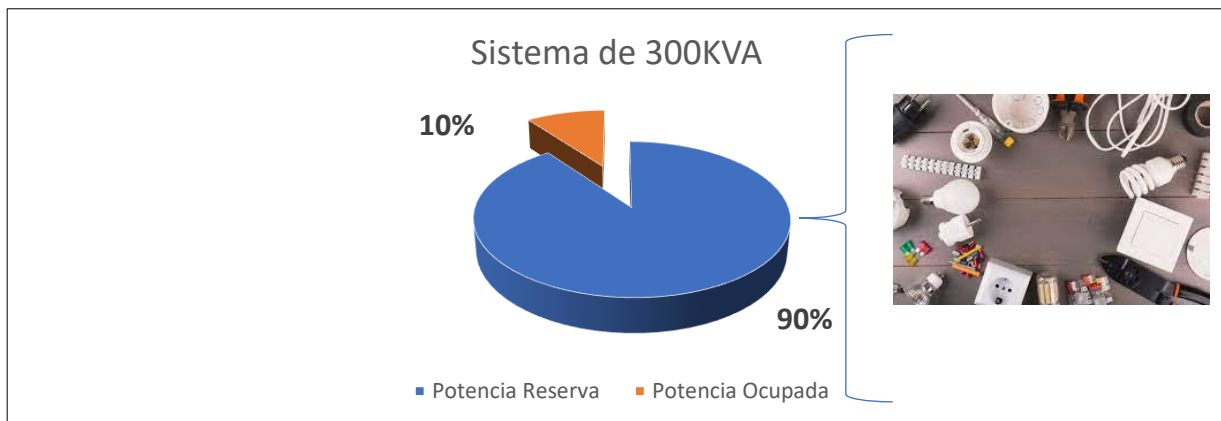


Figura 40: Cargas del sistema de 300KVA

Fuente: Autor

De manera general se pudo constatar que el sistema eléctrico del HGONA se encuentra sobredimensionado, y que la mayoría de carga se encuentra en el tablero de carga principal de 1000KVA.

Todos estos tableros se verificaron de manera visual, y se comprobó que no presenta deterioro de las protecciones, conductores, el espacio de trabajo es considerable el ambiente se mantiene

adecuado y cumple con las normas correspondientes de la NFPA 70 sección 110-16 respecto al área de trabajo.



Figura 41: Tableros principales de alimentación y advertencias visuales.

Fuente: Autor

En los dispositivos revisados se constató que existe la puesta a tierra correspondiente desde la cámara de transformación, los tableros principales y los tableros ATS, hasta los sistemas regulados.

2.4 Sistemas Regulados:

El sistema que alimenta a la mayoría de los sistemas regulados es el tablero general TDE_2 que se encuentra en el tablero de carga principal de 1000kVA en donde también se encuentran conectados los sistemas mecánicos: ascensores, sistemas de climatización, calderas y sistemas contra incendios. Este sistema que tiene una gran cantidad de motores es alimentado del tablero principal en donde se encuentran conectados los SR que abastecen energía en áreas críticas del HGONA también se pudo notar que en el diagrama unifilar solo están puestos 4 SR, pero al recorrer el HGONA se pudo constatar que están 6 SR en todo el hospital. Ver Anexo 9

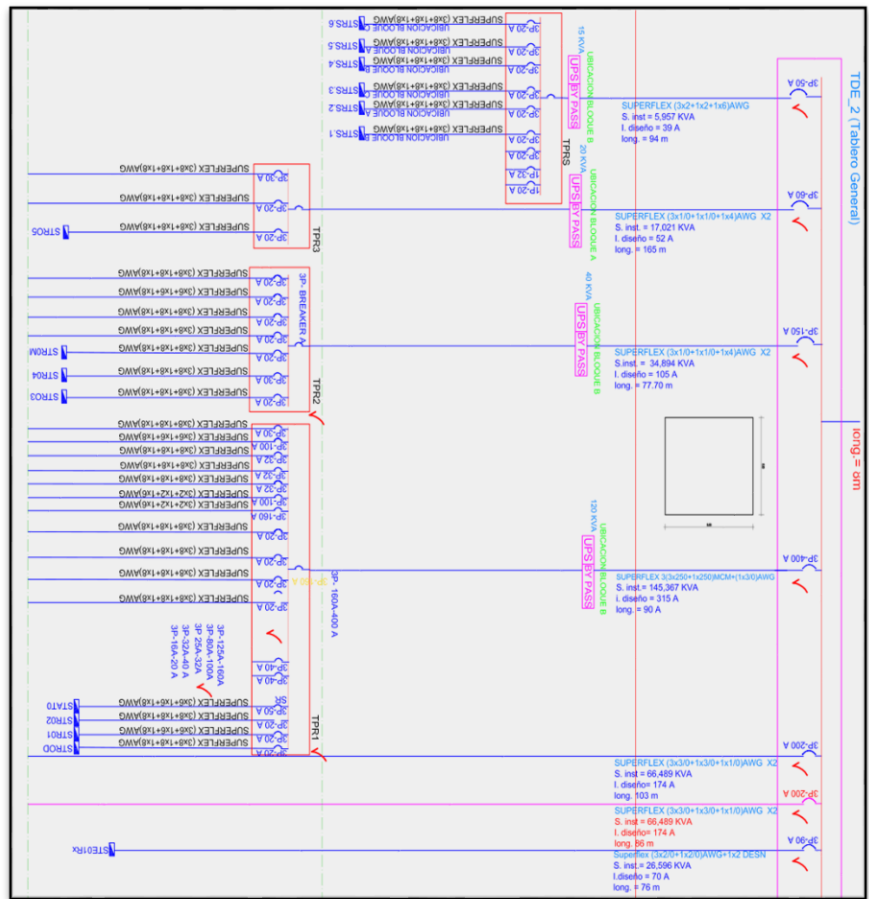


Figura 42:Diagrama unifilar del tablero principal TD_2 desactualizado

Fuente: HGONA planos entregados por el Consorcio Bueno & Castro

En la figura se muestra, la distribución del tablero TG1 donde se encuentran todos los sistemas conectados a este tablero.

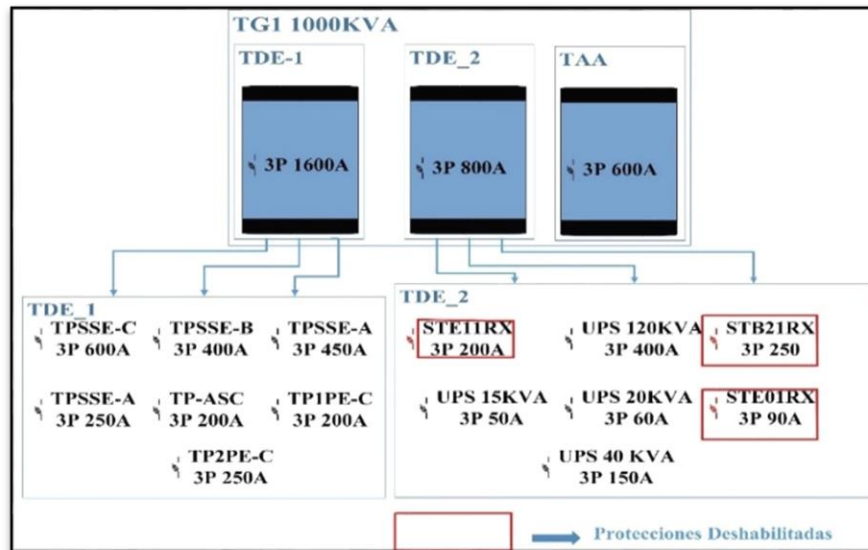


Figura 43: Tablero principal de alimentación de los SR.

Fuente: Autor

➤ **SR DE 120kVA:**

Este SR se encuentra en el subsuelo del hospital. En el área del parqueadero y cuenta con transformadores propio del SR para su funcionamiento como se muestra en la figura.

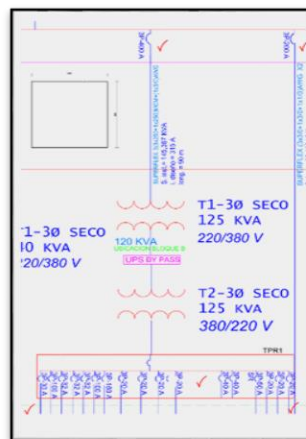


Figura 44: Conexión SR 120KVA diagrama unifilar actualizado

Fuente: Autor

La ventilación se la realiza por medio de un aire acondicionado, la temperatura adecuada para este SR debería estar en los rangos de 20°C a 25°C, pero se encuentra con una temperatura de 28°C lo que perjudica la vida útil de las baterías, además de no cumplir con

la norma INEN sección 480-8 en donde la ventilación y temperatura son importantes para la difusión de gases provenientes de las baterías y vida útil de estas.

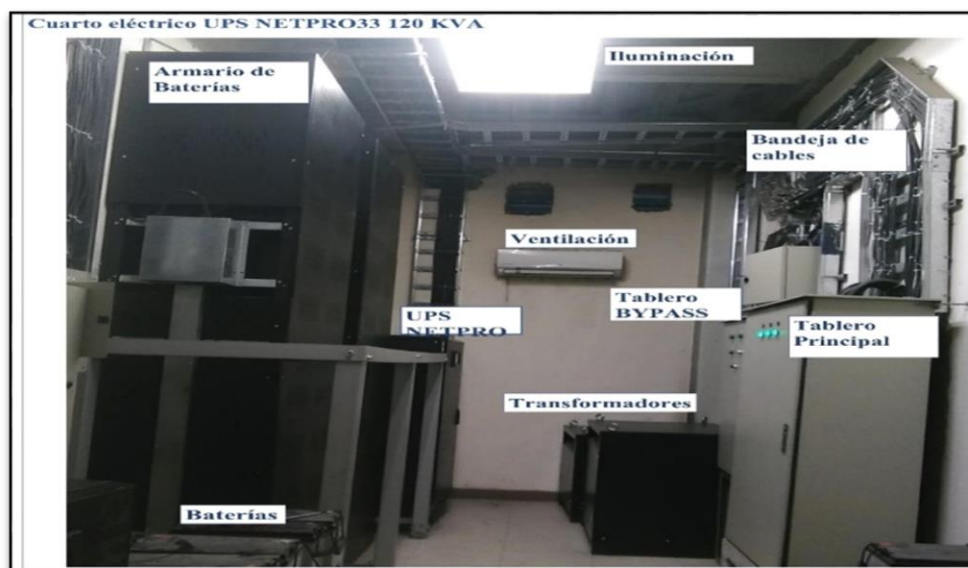


Figura 45:SR de 120 KVA

Fuente: Autor

Transformadores:

Se proceden a verificar el estado físico de los transformadores estos equipos son compactos, no presenta deterioro alguno por agentes externos. La refrigeración de los transformadores se realizada mediante un aire acondicionado en el cuarto. La temperatura medida es de 28 °C afectando todos los equipos que se encuentran en este espacio según la norma NEC sección 110-13 con respecto a la refrigeración, la temperatura superior a 24°C afecta al banco de baterías deteriorándolas la temperatura ideal tendría que estar entre 20°C a 25°C. Ver anexo 10

Banco de baterías:

Se procede a verificar el estado físico de los bancos de baterías: Estos presentan daños visibles: corrosión. Al estar en el mismo cuarto eléctrico, la ventilación se la realiza por medio del aire acondicionado, lo que no garantiza el ambiente apropiado de buena ventilación temperatura estable de entre 20°C a 25°C para las baterías y esto afecta a la reserva de energía del SR, estas baterías se las notifico al jefe de mantenimiento quien gestiono el cambio de baterías de este SR.



Figura 46: Baterías que se cambiaron en el SR de 120 KVA

Fuente: Autor

Tablero Principal TPR1:

En el tablero principal del SR de 120kVA no se detectó ninguna protección que presentara temperatura alta. Visualmente, las protecciones no tenían ninguna avería o indicio de ello. Las líneas se midieron con multímetro FLUKE y en su mayoría no sobrepasan los 5 amperios. EL circuito ramal que consume más es el del rack, cuyos valores en línea son L1=18 A, L2=12 A y L3=19 A. Los datos tomados en este tablero nos dan como resultado un sobredimensionamiento en cuanto al consumo real de este tablero.

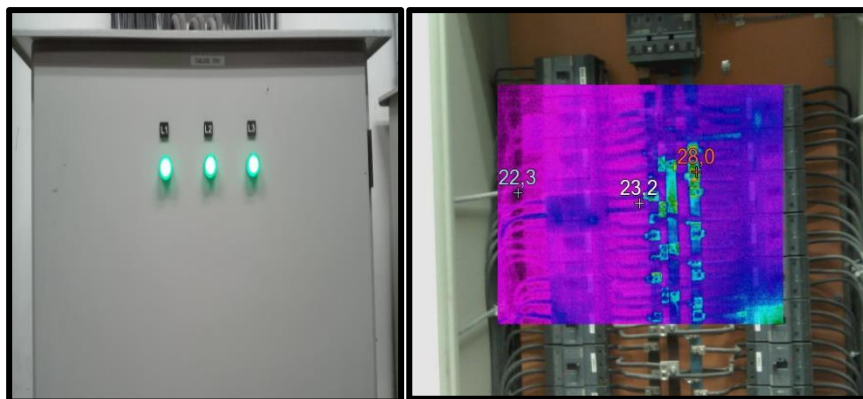


Figura 47: Tablero Principal TPR1

Fuente: Autor

Cuarto Eléctrico General:

El cuarto Eléctrico cuenta con buena iluminación, un área considerable de trabajo por lo que el principal problema es la temperatura del ambiente, que ha dañado las baterías perjudicando la capacidad de suministrar energía ante cualquier evento.

➤ **SR DE 15 kVA:**

Este SR se encuentra, en el subsuelo del hospital en el área de parqueadero, en el mismo cuarto eléctrico que el SR de 120 KVA este equipo se encuentra inoperativo, las baterías se encontraron hinchadas, corrosión en los puntos de conexión, actualmente se encuentra trabajando con el bypass, lo que suministra energía desde el tablero TD_2. Los daños de este SR son la circuitería en general, la ventilación es por medio de un aire acondicionado.

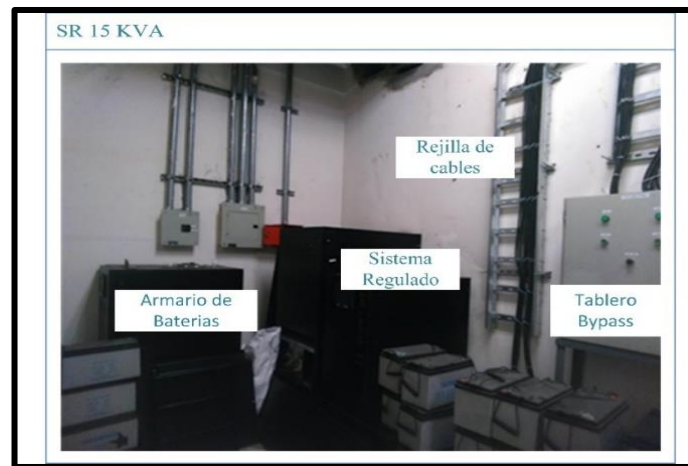


Figura 48:SR de 15 KVA

Fuente: Autor

➤ **SR DE 40 kVA PISO 1**

Este SR se encuentra, en el piso 1 del bloque B del HGONA en el área de Hospitalización. No hay sistema de ventilación lo que no garantiza la temperatura óptima que sobrepasa los 25°C incumpliendo la norma INEN sección 480-8 en donde la ventilación es importante por la difusión de gases provenientes de las baterías que se pueden acumular siendo estos gases de mezcla explosiva además de reducir la vida útil de las baterías.



Figura 49: Cuarto eléctrico del SR 40kVA.

Fuente: Autor

Banco de baterías:

En los bancos de baterías, se procede a verificar el estado físico de estos, y no presentan daños visibles, corrosión, o hinchazón de baterías, al estar en el mismo cuarto eléctrico no hay ventilación, lo que no garantiza el ambiente óptimo lo que pueden presentar daños futuros a las baterías que pueden afectar a la reserva de energía del SR.

Tablero Principal TPRN:

En el tablero principal del SR de 40 KVA se detectó una fase de una protección con temperatura alta, visualmente las protecciones no tenían ninguna avería o indicio de ello este tablero alimenta al área de neonatología y en esta área hay un gran consumo debido a las máquinas que se encuentran en esta área como cunas térmicas, ventiladores respiratorios, equipo de signos vitales entre otros.

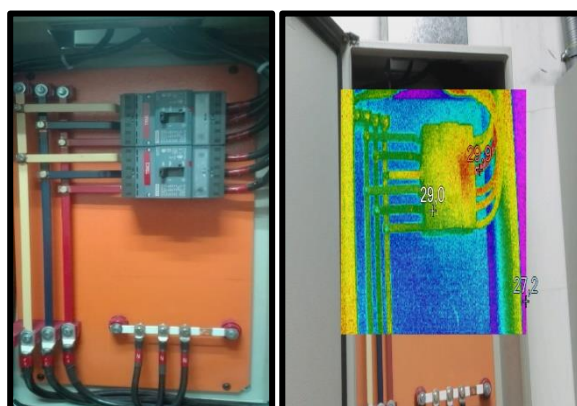


Figura 50: Tablero Principal TPRN

Cuarto Eléctrico General:

El cuarto Eléctrico cuenta con buena iluminación, un área de trabajo suficiente por lo que el principal problema es la temperatura del ambiente, que puede afectar a la reserva de energía ante cualquier evento.

➤ SR 40kVA PLANTA BAJA:

Este SR se encuentra, en planta baja del bloque B del hospital en el área de Ventanilla de farmacia, este SR también cuenta con transformadores propios de este equipo.

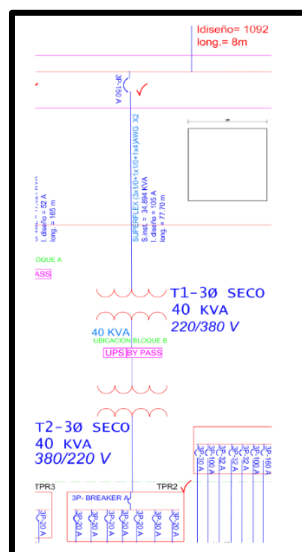


Figura 51: Conexión SR 40KVA diagrama unifilar actualizado

No hay sistema de ventilación lo que no garantiza la temperatura óptima del ambiente que para estos equipos debe estar entre 20°C a 25°C, pero la temperatura que se encuentra es de 30°C lo que perjudica las baterías reduciendo la vida útil de estas.

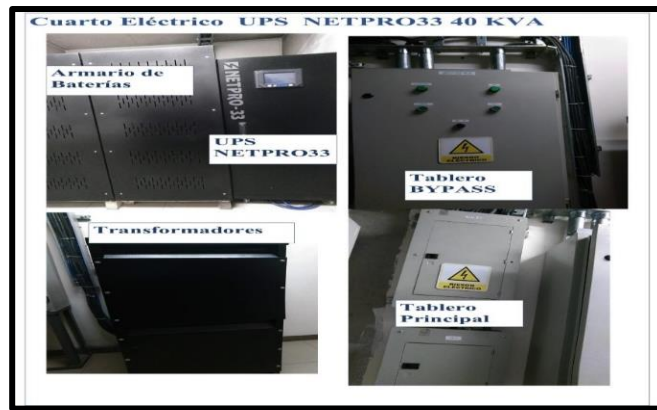


Figura 52:SR de 40 KVA

Fuente: Autor

Banco de baterías:

En los bancos de baterías, se procede a verificar el estado físico de estos, y presentan daños visibles, hinchazón de baterías, esta área no cuenta con ventilación lo que no garantiza el ambiente óptimo para las baterías ya, que pueden presentar daños futuros que pueden afectar a la reserva de energía del SR.



Figura 53: Baterías del SR 40KVA

Fuente: Autor

Tablero Principal TPR2:

En el tablero principal del SR de 40 KVA se detectó una protección con temperatura alta, esta protección era del área de Laboratorio lo que en el tablero de bypass se observa una fase con incremento de temperatura se procedió a balancear la carga en el tablero de distribución ya, que

en la fase R estaba consumiendo más carga 60 A mientras la fase S y T tenían sus cargas al mínimo 10 A y 12A.

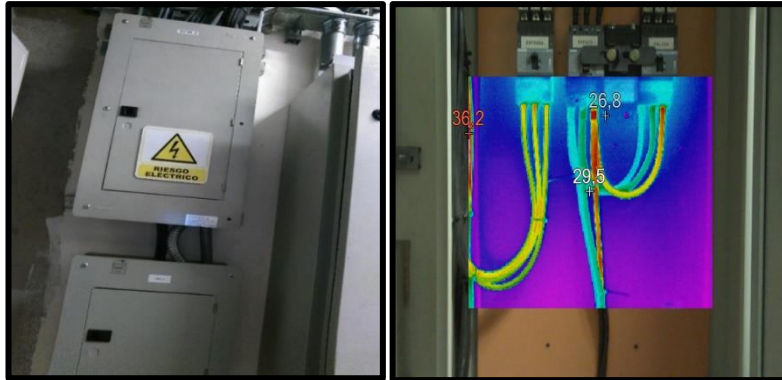


Figura 54: Tablero Principal y Tablero bypass

Fuente: Autor

Transformadores:

Los transformadores se proceden a verificar el estado físico del equipo, pero no se puede desarmar porque tiene un armazón de protección, actualmente los equipos son compactos, no presenta deterioro alguno físicamente por agentes externos, la refrigeración de los transformadores no se realiza mediante un aire acondicionado, por lo tanto, el ambiente al cual es sometido no es el adecuado y no cumple con los requerimientos mínimos. Ver Anexo 10

Cuarto Eléctrico General:

El cuarto Eléctrico cuenta con buena iluminación, un área de trabajo suficiente por lo que el principal problema es la temperatura del ambiente, que puede afectar a las baterías disminuyendo su vida útil.

➤ SR DE 15kVA:

Este SR se encuentra, en planta baja del bloque A del hospital en el área de Docencia. No hay sistema de ventilación, pero al ser un equipo pequeño y un área considerablemente amplia para este equipo la temperatura se mantiene normal, no hay aumento de temperatura este equipo se encuentra inoperativo.

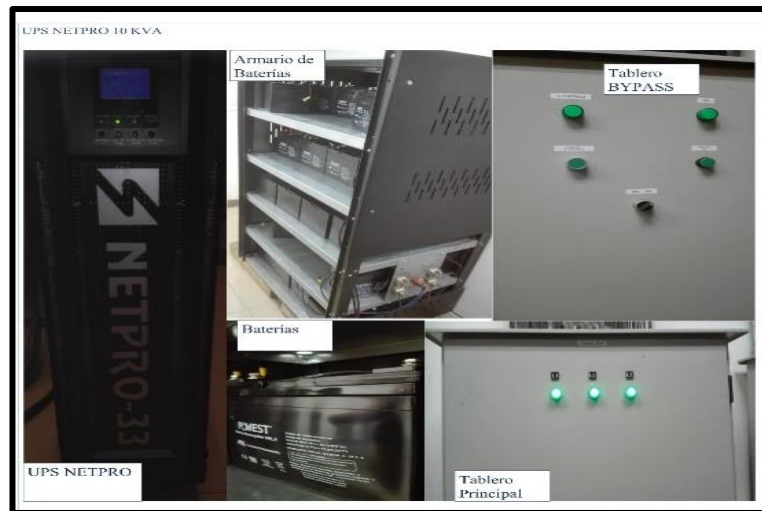


Figura 55: SR de 15 kVA

Fuente: Autor

Banco de baterías:

En los bancos de baterías, se procede a verificar el estado físico de estos, las baterías presentan daños visibles, corrosión, e hinchazón, al momento solo cuenta con 37 baterías que no garantizan la energía de reserva ante cualquier evento.

Tablero Principal:

No se encontraron calentamientos en ninguna protección, la temperatura en la que se encuentran es de 20°C lo que no perjudica ninguna instalación.

Cuarto Eléctrico General:

El cuarto Eléctrico cuenta con buena iluminación, un área de trabajo suficiente por lo que el principal problema es el deterioro de las baterías, que puede afectar a la reserva de energía ante cualquier evento.

➤ **SR DE 10KVA:**

Esta SR se encuentra, en primer piso del bloque A del hospital en el área de Tics. Este sistema tiene buena ventilación, y un área considerablemente amplia para este equipo la temperatura se mantiene normal, no hay aumento de temperatura.



Figura 56: SR de 10 kVA

Fuente: Autor

Banco de baterías:

En los bancos de baterías, se procede a verificar el estado físico de estos, las baterías no presentan daños visibles, corrosión, e hinchazón, al estar en el cuarto de los racks tienen una excelente ventilación.

Tablero Principal:

El tablero principal tiene protección solo para los racks por lo que no tiene ningún problema con sobrecalentamiento.

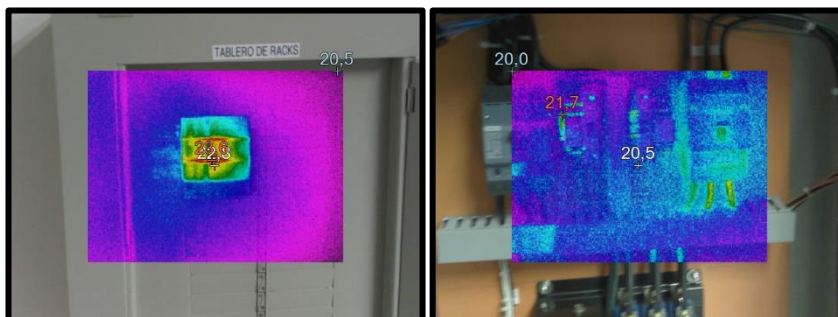


Figura 57: Tablero Principal y Tablero bypass.

Fuente: Autor

Cuarto Eléctrico:

El cuarto Eléctrico cuenta con buena iluminación, un área de trabajo suficiente por lo que no tiene problema de deterioro de las baterías, que pueda afectar a la reserva de energía ante cualquier evento.

2.5 Funcionamiento de los SR del HGONA

De los 6 SR que se encuentran en el HGONA, 4 funcionan de manera correcta. No se ha identificado ninguna anomalía en los equipos, pero si se encontraron deficiencias en el ambiente y en la ventilación que son aspectos importantes para estos equipos. Por normativa del INEN 19:2001 sección 480-8 se especifica que deben tener una buena ventilación y difusión de gases que provienen de las baterías. Además, el ambiente adecuado para las baterías es de 20°C a 25°C para no disminuir la vida útil de las baterías.

Los SR de 15 kVA ubicados en el subsuelo del bloque B planta baja del bloque A está inoperativo al igual que el SR de 15 kVA del área administrativa ubicado en el bloque A planta baja tienen estos sistemas se trabajan con el bypass manual.

Tabla 7: Temperaturas de los SR

Equipo	Temperatura °C				Condición	Mantenimiento
	R	S	T	Cuarto General		
Tableros principales	R	S	T	Cuarto General		
Tablero TDE_2	19,2	19,7	19,3	20,76	Aceptables	Programable
Tablero TDN	19,4	19,1	20,3	18,76	Aceptables	Programable
SR 10 kVA	19,3	19,8	20,1	20,76	Aceptables	Programable
SR 15 kVA Bypass	20,1	19,8	21,2	26	Deficiente	Antes de un mes
SR 40 kVA NEO	21,6	22,1	21,3	30	Deficiente	Antes de un mes
SR 40 kVA	22,7	22,4	29,5	30	Deficiente	Antes de un mes
SR 15 kVA Bypass	20	20	20	20,76	Aceptables	Programable
SR 120 kVA	21,3	22,4	20,6	28	Deficiente	Antes de un mes

La temperatura de los cuartos eléctricos necesita ser revisada, e instalar nuevos sistemas de ventilación que garanticen un adecuado ambiente para estos equipos que afectan a los bancos de baterías que tienen que conservar una temperatura y ventilación óptima.

2.5 Sistema de puesta a tierra:

En el HGONA no hay planos físicos ni digitales en donde se muestren todos los SPT. Se buscó de manera visual siguiendo los cables y se encontraron 7 pozos de revisión, de los cuales 2 son para pararrayos, y 5 pozos se encuentran interconectadas que funcionan como una malla única para el hospital.

En el plano se encontraron 2 ductos que llevan a la malla de los pararrayos del bloque A y B hacia el exterior.

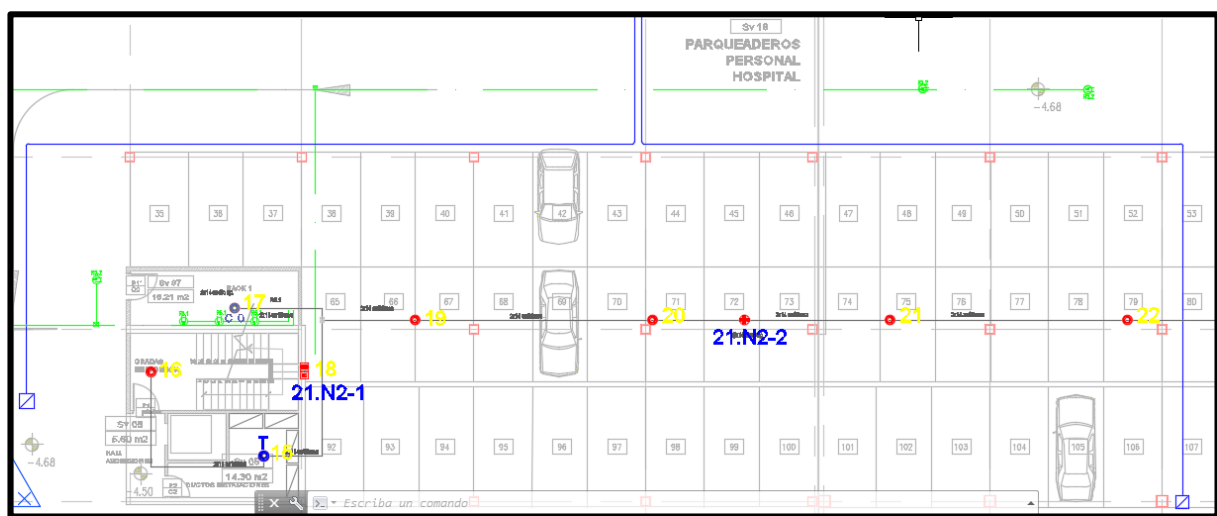


Figura 58: SPT del pararrayo del bloque A y B

Fuente: HGONA planos entregados por el Consorcio Bueno & Castro

El SPT del HGONA se encuentra distribuido de esta forma en la cual podemos observar que no se encuentra equipotencializado, este esquema se hizo, ya que no hay planos físicos de como esta distribuido el SPT del HGONA segunla norma IEC 61000-5-2 cuando existan varias puestas a tierra en un edificio todas estas deben estar interconectadas electricamente.

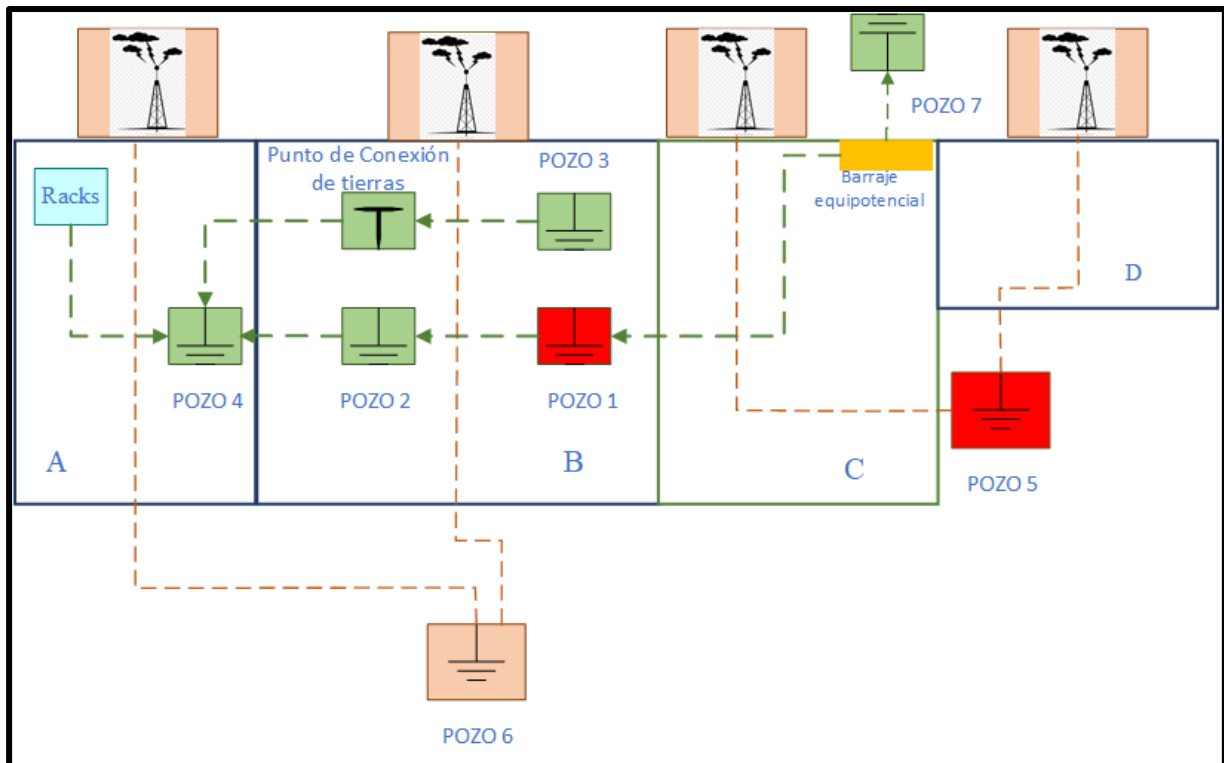


Figura 59: Identificación de los SPT del HGONA

Fuente: Autor

Se revisaron todos los tableros que se conectan a los SR del HGONA y se comprobó que estaban conectados a tierra igualmente los equipos de SR, a continuación, se comprobó cómo está implementado el SPT del HGONA midiendo los pozos de revisión que se encuentran en la institución.

➤ **Pozo 4 del bloque A:**

Este sistema se encuentra en el subsuelo del bloque A en el área de parqueadero, este punto de revisión se encontró lleno de agua. En el cable de cobre no se encontró ningún daño visible de corrosión.



Figura 60: Revisión del pozo a tierra área administrativa.

Fuente: Autor

➤ **Pozo 1, 2 y 3 del bloque B:**

Este sistema se encuentra en el subsuelo en el área de parqueadero, este punto de revisión se encontró 2 pozos a tierra que se conectan entre sí por medio de la conexión de las uniones, el cable sale del pozo 1, va por una tubería metálica que recorre por la parte superior del estacionamiento 20 m más adelante y baja por una columna hacia el pozo 2. Los cables se encontraron en buen estado, pero la resistencia del SPT del primer pozo excedía el valor reglamentario el por lo que se presume que hay una desconexión en alguna parte de esta malla y no se puede revisar por estar en el área de parqueadero donde esta recubierto de hormigón, el segundo pozo se encontró en mejores condiciones, pero la resistencia está en el límite de lo permitido para una institución de salud.

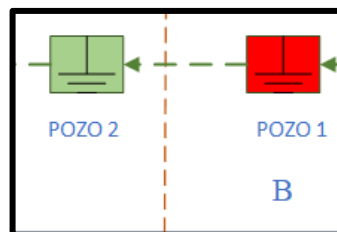


Figura 61: Conexión de los SPT del HGONA

En esta imagen se puede observar cómo están conectados los pozos de revisión del SPT y su respectiva medición. Ver anexo 11

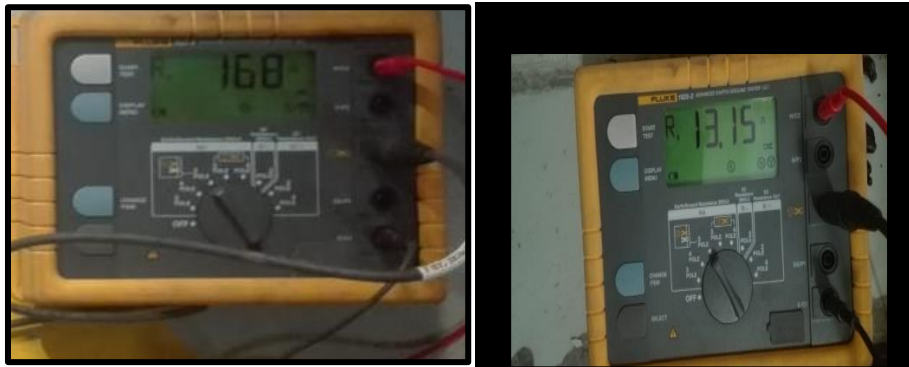


Figura 62: en la imagen a) tenemos el pozo 1 y 2 y en la imagen b) tenemos la medición del pozo 1 y 2.

Fuente: Autor

➤ **Pozo 5 del bloque D:**

Este sistema se encuentra en los exteriores del hospital en el área de tanques de aguas residuales, este punto de revisión se encontró problema con la resistencia de la malla del SPT, no se encontró residuos de agua o algún otro material que haya accedido a este pozo este sistema conecta a los 2 pararrayos del bloque C y D.



Figura 63: Revisión del pozo 5.

Fuente: Autor

➤ **Pozo 6 exterior del bloque A:**

Este sistema se encuentra en los exteriores del HGONA, este punto de revisión esta un tubo de PVC donde está la pica de revisión este sistema conecta a los 2 pararrayos del bloque A y B este SPT tiene una buena resistencia, pero no se encuentra equipotencializados con el resto de SPT.



Figura 64: Al lado izquierdo el pozo de revisión en el tubo de PVC y a la derecha la medición de la resistencia.

Fuente: Autor

➤ **Pozo 7:**

Este sistema se encuentra en la parte posterior de los grupos electrógenos alado del suministro de diésel se encontró que los cables están sulfatados, la pica se encontró doblada este SPT se conecta a la barra equipotencial del cuarto de transformación.



Figura 65: Revisión del pozo a tierra área de emergencia. Al lado izquierdo el pozo y a la derecha la medición de la resistencia.

Fuente: Autor

➤ **Conexión a tierra del tanque criogénico:**

Los componentes, que conforman el tanque criogénico que abastecen de oxígeno al HGONA no se encuentran conectadas a tierra, se siguió la tubería que ingresa a la central de oxígeno, a la central de CO2 y al cuarto de aire comprimido donde se corta el cable de puesta a tierra.



Figura 66: Revisión de conexión a tierra del tanque de oxígeno.

Fuente: Autor

Según los valores medidos en el HGONA, nos muestra que en la actualidad tiene un rango de error muy elevado medido con el instrumento en relación con la norma. Esto indica que esta institución no cuenta con las seguridades y garantías necesarias, teniendo que tomar decisiones estrictas a futuro para el resguardo del personal y pacientes.

Tabla 8: Medición de los pozos a tierra:

Pozo de revisión	Valor medido en Ω en el HGONA	Valor Recomendado en Ω	Calidad del SPT
Pozo 1	168 Ω	10 Ω	Mala
Pozo 2	13.5 Ω	10 Ω	Aceptable
Pozo 3	14.39 Ω	10 Ω	Aceptable
Pozo 4	10.67 Ω	10 Ω	Aceptable
Pozo 5	39.2 Ω	10 Ω	Mala
Pozo 6	5.85 Ω	10 Ω	Buena
Pozo 7	24.37 Ω	10 Ω	Mala

Sistema actual del SPT HGONA

El SPT del HGONA no cumple con la norma NEC sección 15.1.10.1.8 en donde por requerimientos donde existan varios SPT, todas ellas deben estar interconectadas entre si, como

se muestra en la figura los SPT de los pararrayos hospital no está interconectadas los con el resto del SPT del hospital además de no contar con SPT para equipos sensibles dispuestos por la NFPA 99 capítulo 4 sección 4.3.2.2.2.3 en donde especifica que en áreas críticas de atención al usuario, paciente, o personal el sistema de distribución y cualquier rama eléctrica debe estar conectado al SPT además de la sección 4.3.2.2.2.1 en donde especifica que el valor de la resistencia no puede sobrepasar el nivel establecido por lo que es necesario un estudio a profundidad del SPT del HGONA para proponer soluciones que garanticen la seguridad y la confiabilidad en los sistemas eléctricos de esta institución.

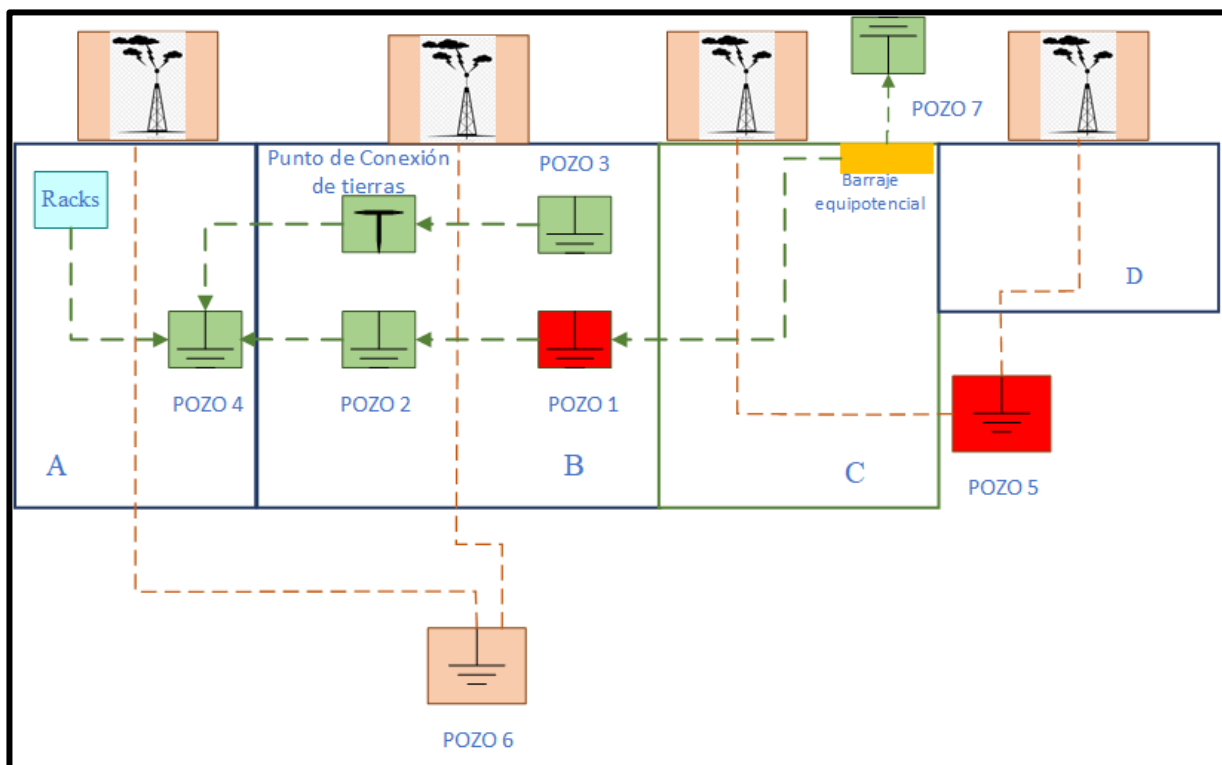


Figura 67: Estado actual del SPT.

Fuente: Autor

La solución para el SPT del HGONA es desconectar el pozo 1, para aumentar la conductividad en las mallas a tierra, además de diseñar e implementar una nueva malla para los equipos sensibles de esta casa de salud y por último equipotencializar todas las mallas a tierra por medio de una bobina de choque, que garantice la seguridad y confiabilidad para todo el sistema eléctrico del HGONA tal como indica la INEN y NEC.

Solución

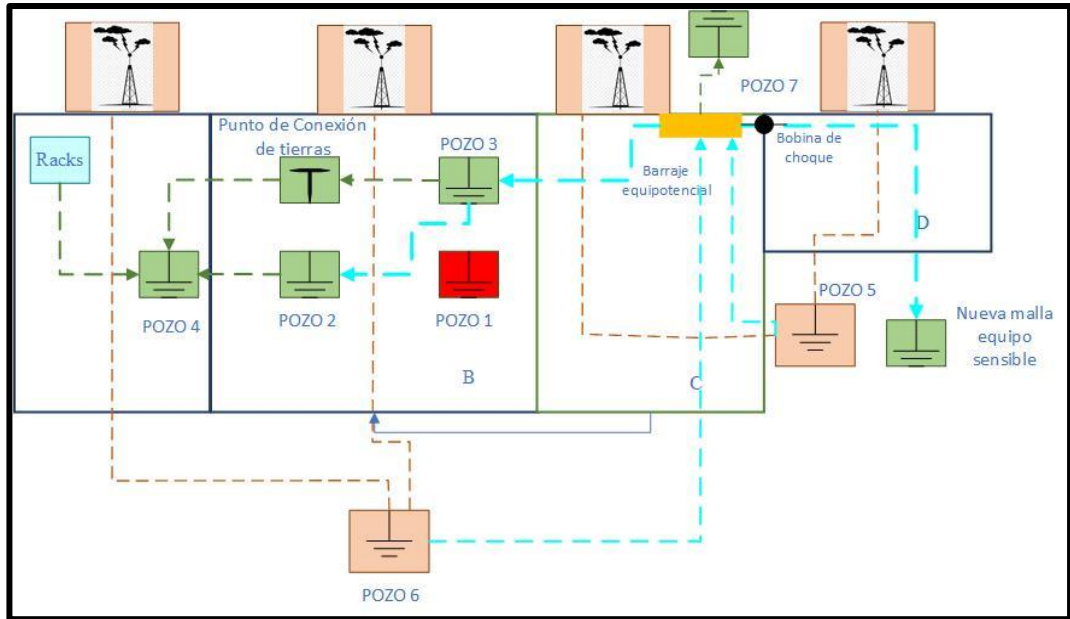


Figura 68: Recomendación del SPT.

Fuente: Autor

CAPÍTULO 3

3. Análisis de los equipos regulados en el HGONA

En el siguiente análisis de energía se tomaron datos del breaker TDE_2 en el que se encuentran 4 sistemas regulados principales que abastecen al HGONA. En el TG1 se encuentran también, los breakeres de los sistemas mecánicos, y sistema eléctrico normal.

Datos del tablero de alimentación principal del HGONA:

3.1 Tablero principal TG1 de 1000KVA

- Breaker TDE_2 de 800 A, de 3 polos
- Cada fase compuesta por 3 cables de 500 MCM
- Neutro compuesto por 1 cable 500 MCM
- Tierra compuesta por 1 cable 350 MCM



Figura 69: Tablero TG1 y Tablero TDE_2.

Fuente: Autor

Se realizaron mediciones en este tablero TG1 en el breaker TDE_2 ya que aquí se encuentran en su totalidad en el SR que se encuentran en el hospital el analizador se lo instaló desde el 11 a las 10h:48 hasta el 17 de mayo 11h:00. A continuación tenemos los valores tomados por el analizador fluke. Los datos mostrados en la siguiente tabla son tomados a las 13h00.

Tabla 9: Datos obtenidos del analizador

fecha:	P[kW]	Q[kVA]	S[kVA]	Fp	V[L1]	V[L2]	V[L3]
Martes 11	47	-19.9	51.1	0.92	124.27 V	123.06 V	124.43 V
Miércoles 12	41.7	-20.4	46.5	0.9	124.75V	123.4 V	124.78 V
Jueves 13	40.7	-20.6	45.7	0.89	125.33V	124 V	125.5V
Viernes 14	44.8	-18.7	48.6	0.92	123.72 V	122.68 V	124.19 V
Sábado 15	37.3	-19.3	42.2	0.89	125.92 V	124.85 V	123.19V
Domingo 16	37.6	-18.3	41.9	0,9	123.54 V	122.37 V	125.84 V
Lunes 17	36.6	-18.9	41.3	0,89	124.27 V	123.33 V	126.86 V

Tabla 10: Datos obtenidos del analizador

fecha:	L1(R)	L2(S)	L3(T)
Martes 11	121 A	114 A	110 A
Miércoles 12	112 A	109 A	115 A
Jueves 13	117 A	115 A	118 A
Viernes 14	126 A	136 A	131 A
Sábado 15	118 A	116 A	109 A
Domingo 16	116 A	110 A	107 A
Lunes 17	116 A	113 A	109 A

3.2 Mediciones de las tensiones:

Las tensiones pico registradas en el ramal principal de los sistemas regulados del tablero TD_2, tienen valores de máximos L1N(V) 179, L2N(V)176.7V, L3N(V) 179.5y la tensión entre el neutro y la tierra en su punto máximo es de 2.4V, a lo largo de la medición siendo estos los valores máximos.

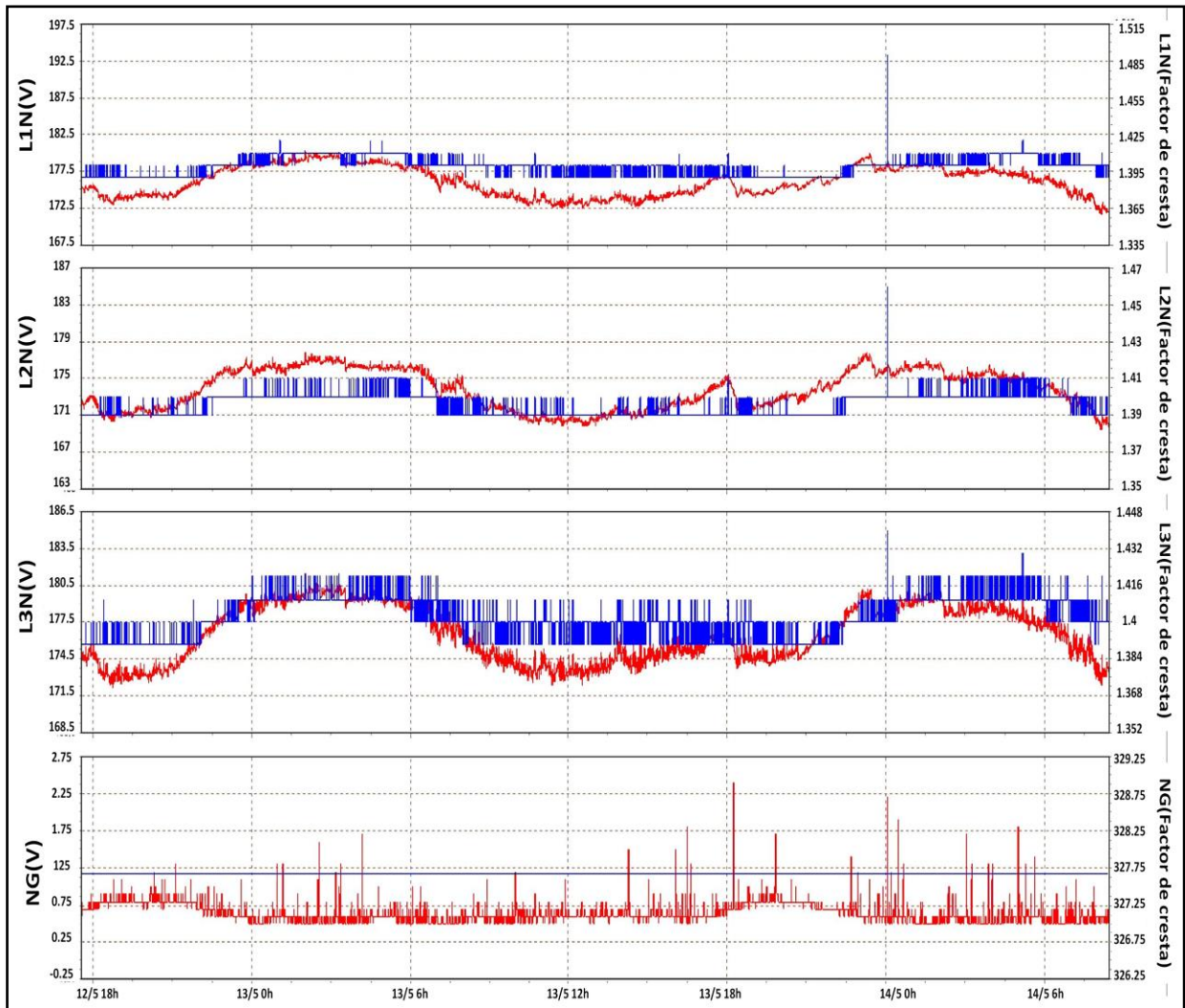


Figura 70: Tensión eficaz.

Fuente: Autor

$\frac{Valor_{RMS}}{Valor_{medido}} = 1.1$ Muchos de los equipos ocupan esta fórmula, para calcular el valor RMS, pero esta fórmula es errónea, ya que el valor que mide no es real. Esta fórmula es de una forma de onda sinusoidal que cumple cuando hay armónicos

$Factor\ de\ cresta = \frac{Valor_{pico}}{Valor_{RMS}} = 1.4$ La distorsión armónica de la señal entre mayor sea el valor mayor distorsión armónica habrá, en la toma de datos el factor de cresta se mantiene en 1.41

Según la regulación 053/18 la captura de datos se lo realizara cada 10 minutos por un mínimo de 7 días, con el analizador se puede programar la cantidad de días que hará el registro y calculara el voltaje eficaz o medio ciclo que nos da estos resultados L1N(V)126, L2N(V)126.8, L3N(V)125.85 y entre el NG(V) 0.24

En la regulación 053/18 define limites en bajo voltaje que se ubican en $\pm 8\%$ del voltaje nominal, por lo que en las tensiones calculadas no sobrepasa los límites establecidos por esta resolución.

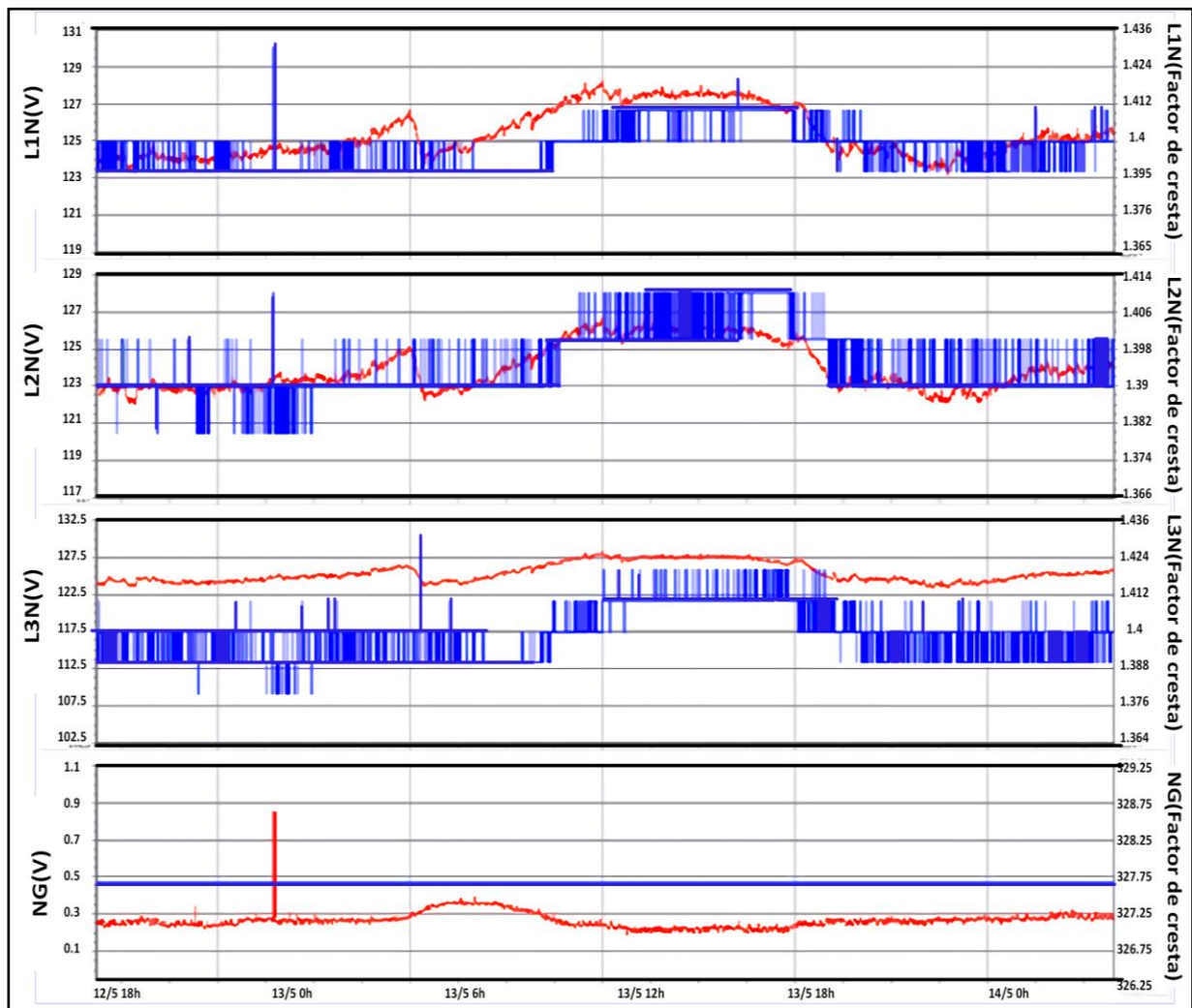


Figura 71: Medio ciclo y factor de cresta.

3.3 Mediciones de corrientes.

Las corrientes pico registradas en el ramal principal de los sistemas regulados del tablero TDE_2, tienen valores de máximos L1(A) 222, L2(A)250, L3(A)220 y la corriente en el neutro es de 33A, a lo largo de la medición siendo estos los valores máximos.

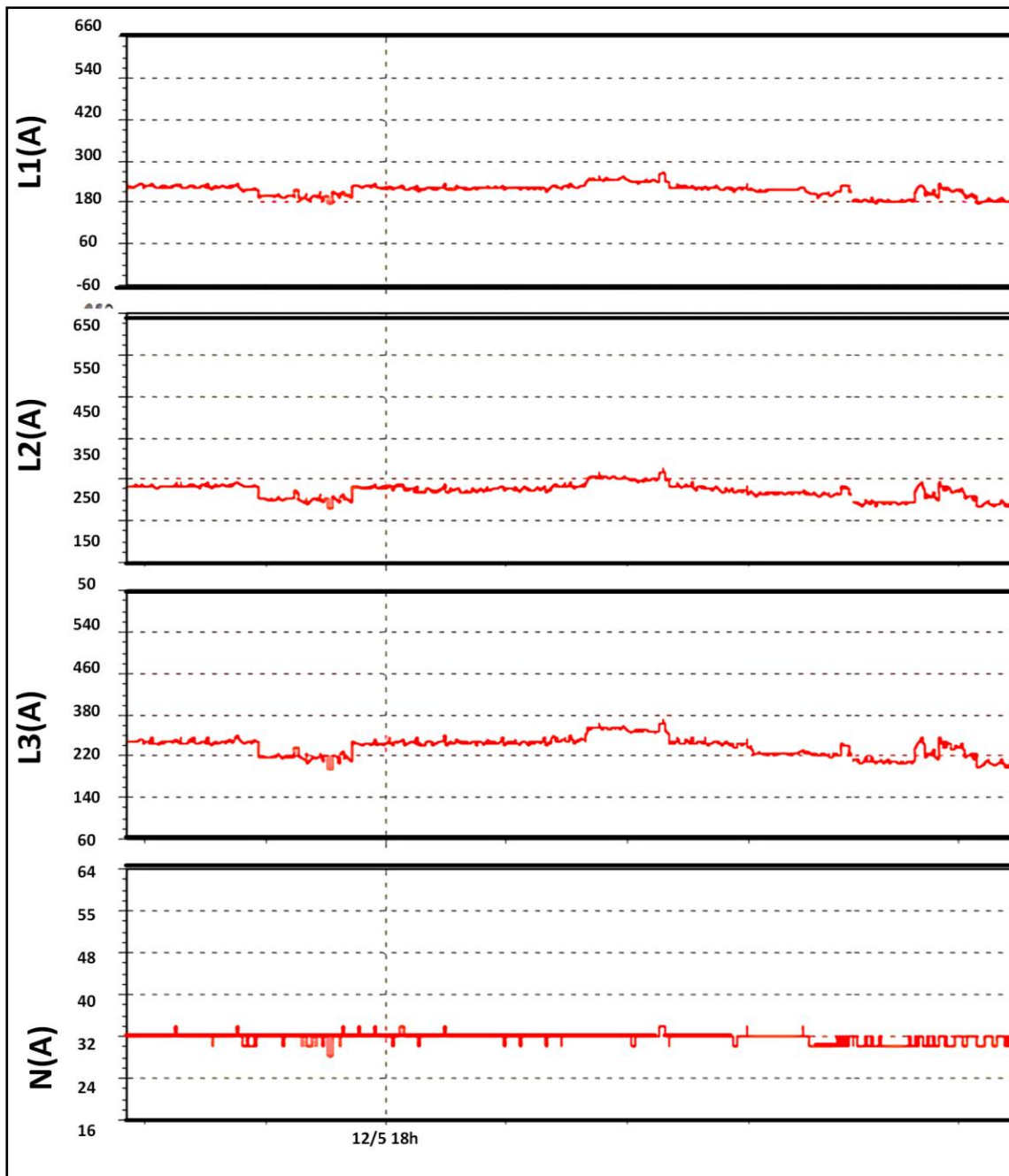


Figura 72: Medidas de Corriente de pico.

Fuente: Autor

Con el analizador se puede programar la cantidad de días que hará el registro de la corriente total que están consumiendo los 4 SR que están conectados en el TDE_2 los datos de medio ciclo que nos da estos resultados L1(A)160, L2(A)135, L3(A)166 y entre el N(A) 21

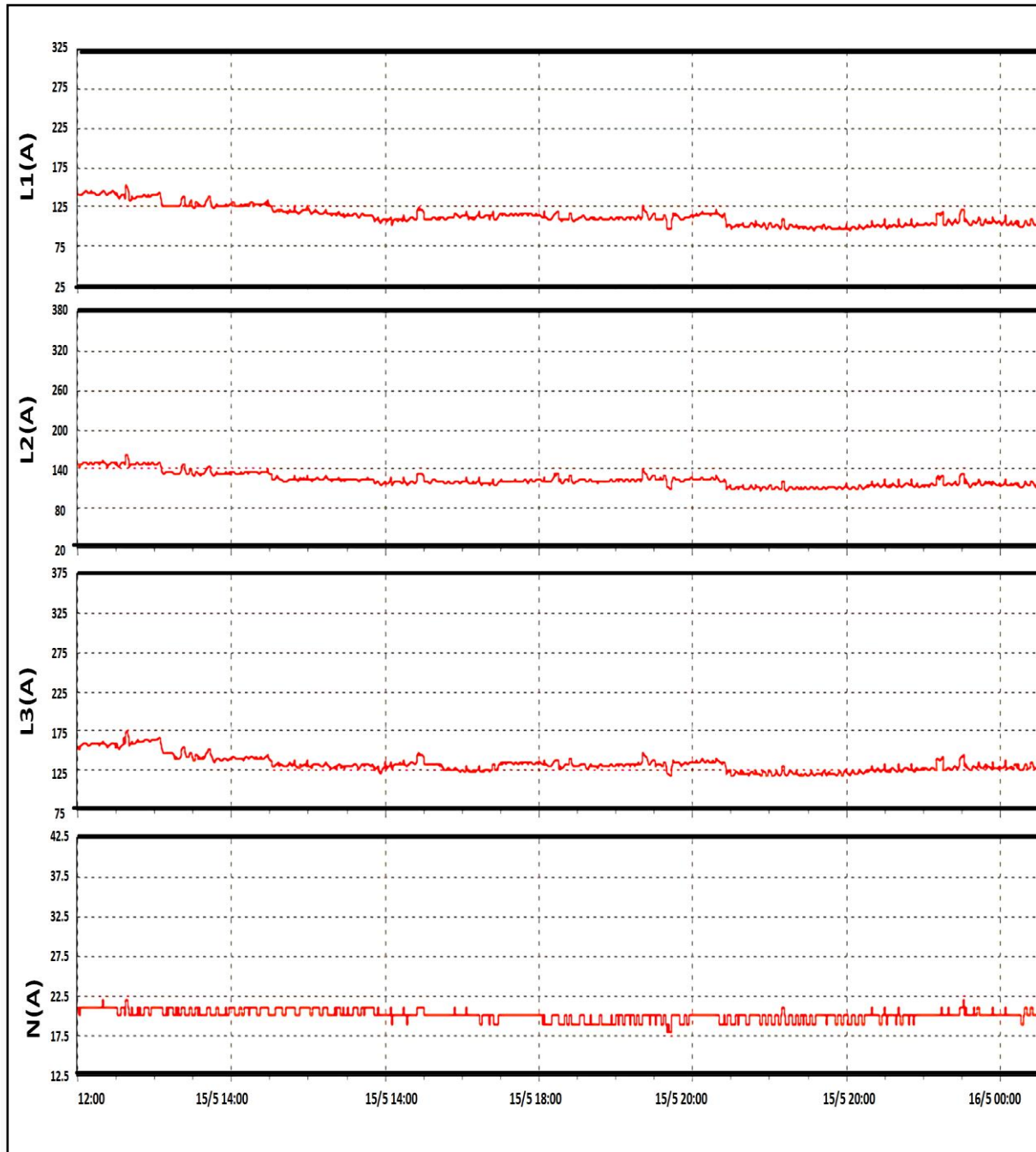


Figura 73: Medidas de corriente media

Fuente: Autor

Parpadeo (Flicker)

Los flicker son fluctuaciones de tensión que no afecta a las maquinas, pero si genera efectos en la iluminación los flicker son clasificados de 2 maneras de corta duración que duran 10 min o de larga duración que llegan a las 2 horas, según la regulación del CONELEC -004/01 el flicker no debe ser considerado por un valor superior $P_{st} = 1$ como tope de irritabilidad, lo que el paciente o personal puede soportar como se puede observar en la línea 3 se tienen 2 parpadeos sobrepasando el valor de 1.

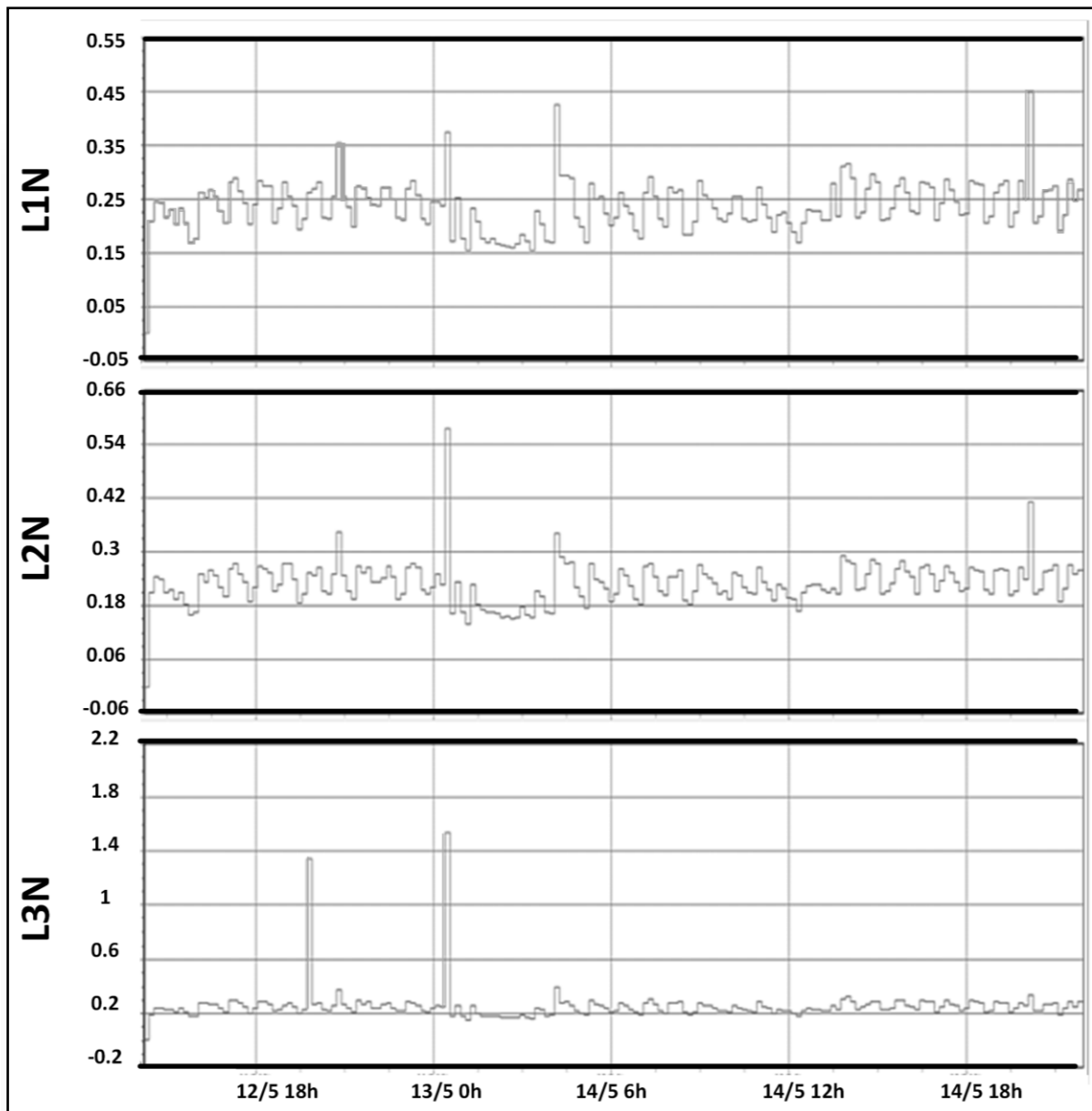


Figura 74: Flicker en las líneas

Frecuencia:

La frecuencia se muestra constante sin muchas variaciones se mantiene entre 59.9 hasta 60.18, durante el análisis del este ramal principal que conecta a los SR no se encontró problema con la frecuencia.

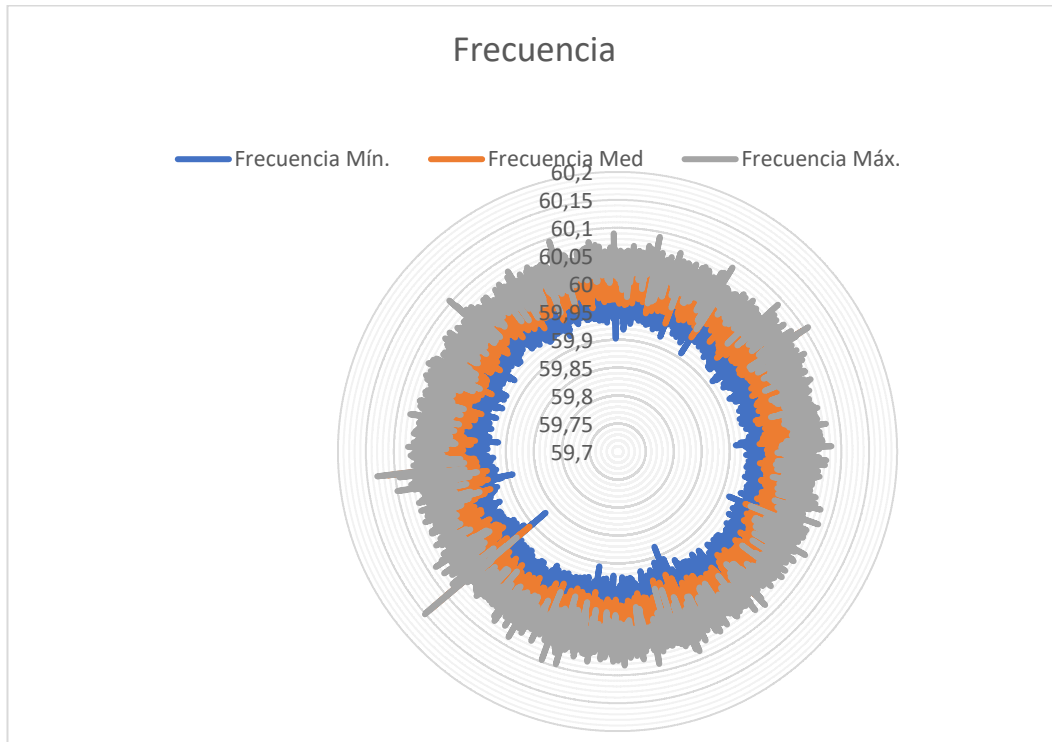


Figura 75: Medición de la frecuencia.

3.4 Factor de Potencia

El factor de potencia es bajo debido al evento del 23 de mayo a las 13h39:92 y el otro evento sucedió a las 14h39.34 ya mencionadas pero el factor de potencia se encuentra entre 0.88 y 0.91 en el resto de los días medidos, pero no cumple con la resolución 053/18 que nos da como valor mínimo para el factor de potencia 0.92.

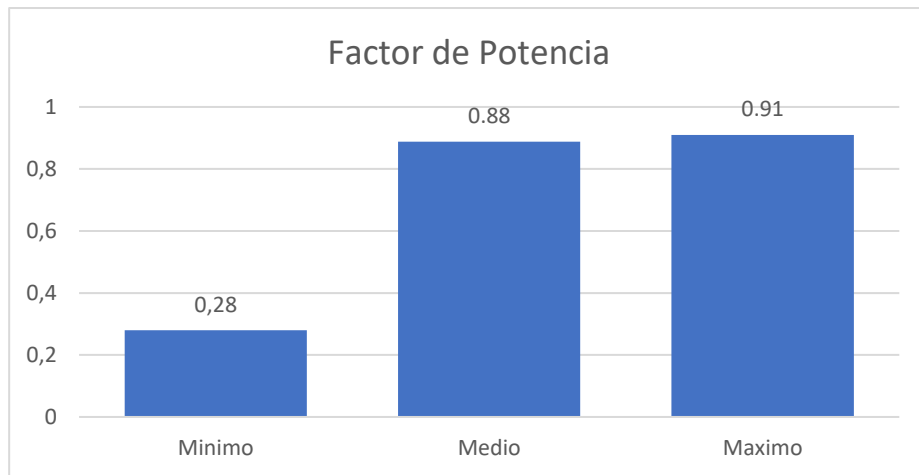


Figura 76: Medida del factor de Potencia del tablero TD_2.

Fuente: Autor

3.5 Potencia

La potencia en el tablero TDE_2 en donde se encuentran la mayoría de los sistemas regulados tenemos una potencia instalada de 190 kVA, pero el consumo máximo es de 68kVA teniendo una reserva de 122 kVA.

Debido a un evento del 23 de mayo a las 13h39:92 y el otro evento sucedió a las 14h39.34 que duraron 1ms nos da como resultado una potencia mínima, que no corresponde a lo medido en el resto de los días.

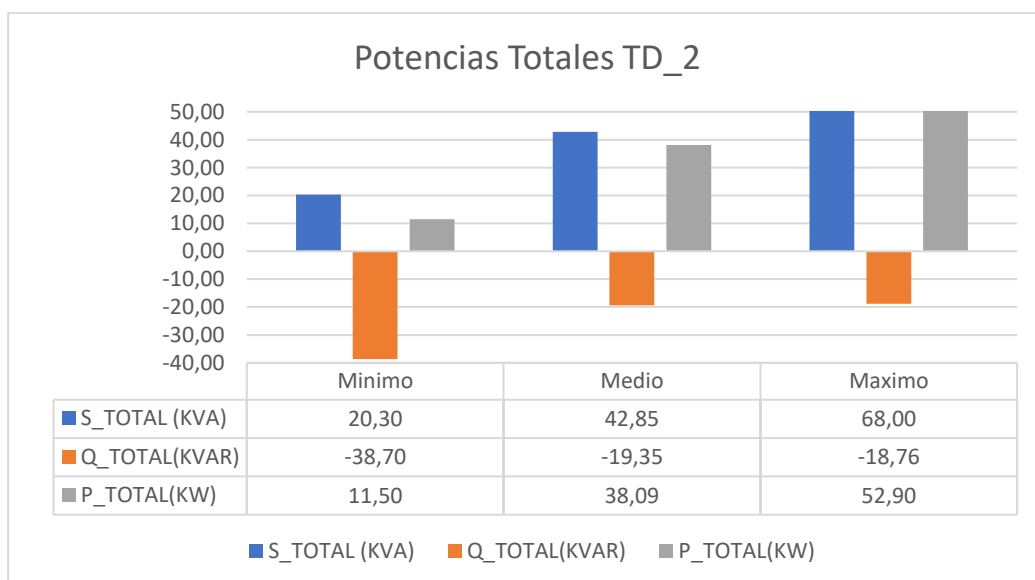


Figura 77: Potencias en el TDE_2

Fuente: Autor

3.6 Medición de armónicos:

De la mayoría de armónicos que se encuentran en los sistemas eléctricos, el 80% son producidas por el usuario y el restante por la red de distribución según la resolución 053/18, las cargas lineales y las cargas no lineales las que trabajan con electrónica, lo que provoca que la forma corriente no sea sinusoidal, sino que provocan picos, el HGONA se cuenta con una gran cantidad de equipos electrónicos tales como computadoras, impresoras de oficina, además de motores de aires acondicionados, bombas de agua, calderas entre otros, lo que provoca problemas en los cables, por efecto skin, disparo de protecciones, además de que los armónicos contaminan la red.

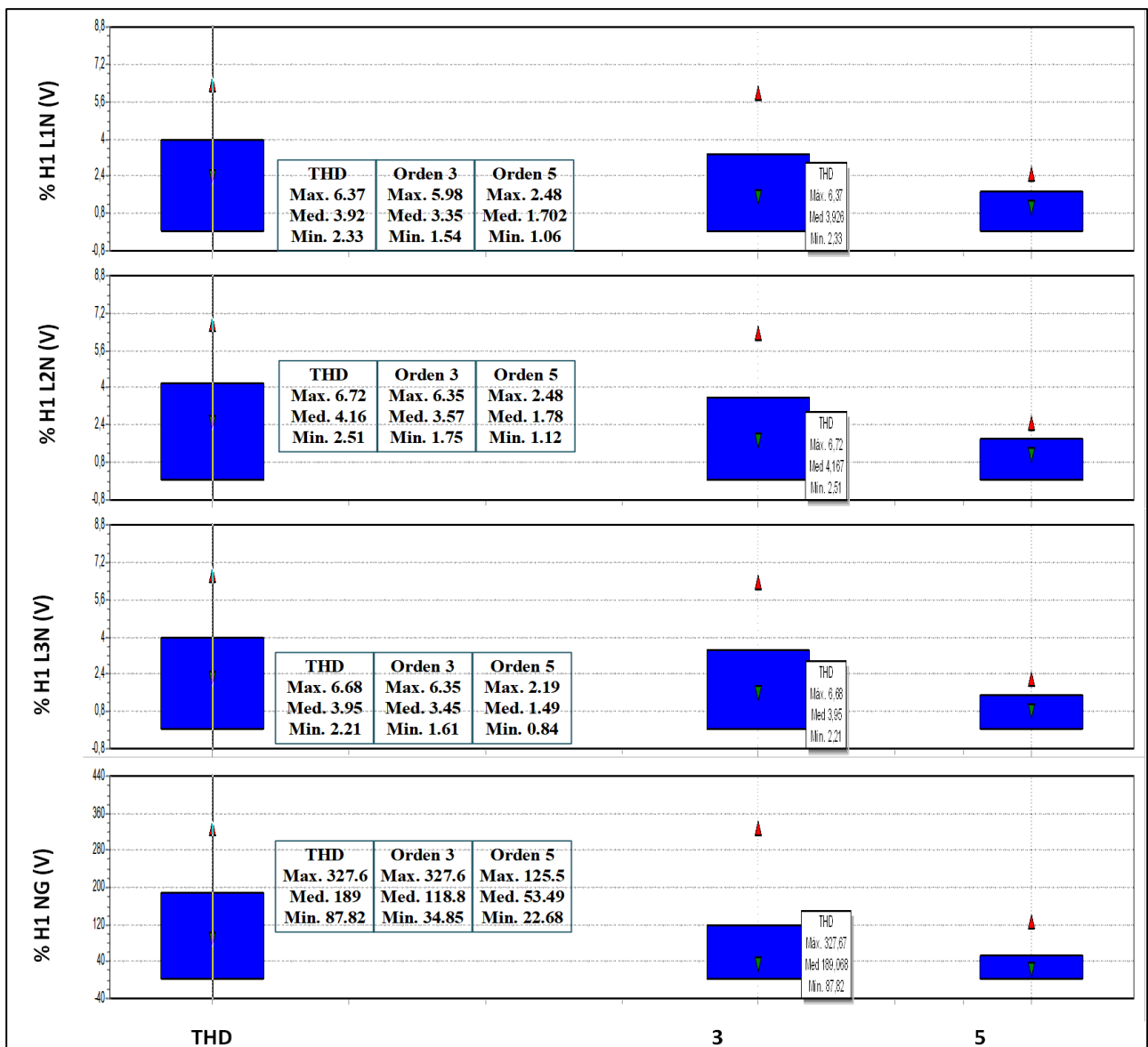


Figura 78: Armónicos en Tensión.

Fuente: Autor

Los sistemas trifásicos equilibrados la corriente de neutro debería ser 0, pero como hay cargas no lineales, los armónicos no se anulan, sino que se suman lo que nos dará una corriente muy elevada, incluso mayor que la corriente de fase y al tener una frecuencia mayor dañando equipos en la medición tenemos el armónico de orden 3 que se muestra en la imagen lleva la media de 67.04 A y la máxima de 122.9 A que es la suma de todo el armónico de orden 3 de todas las líneas.

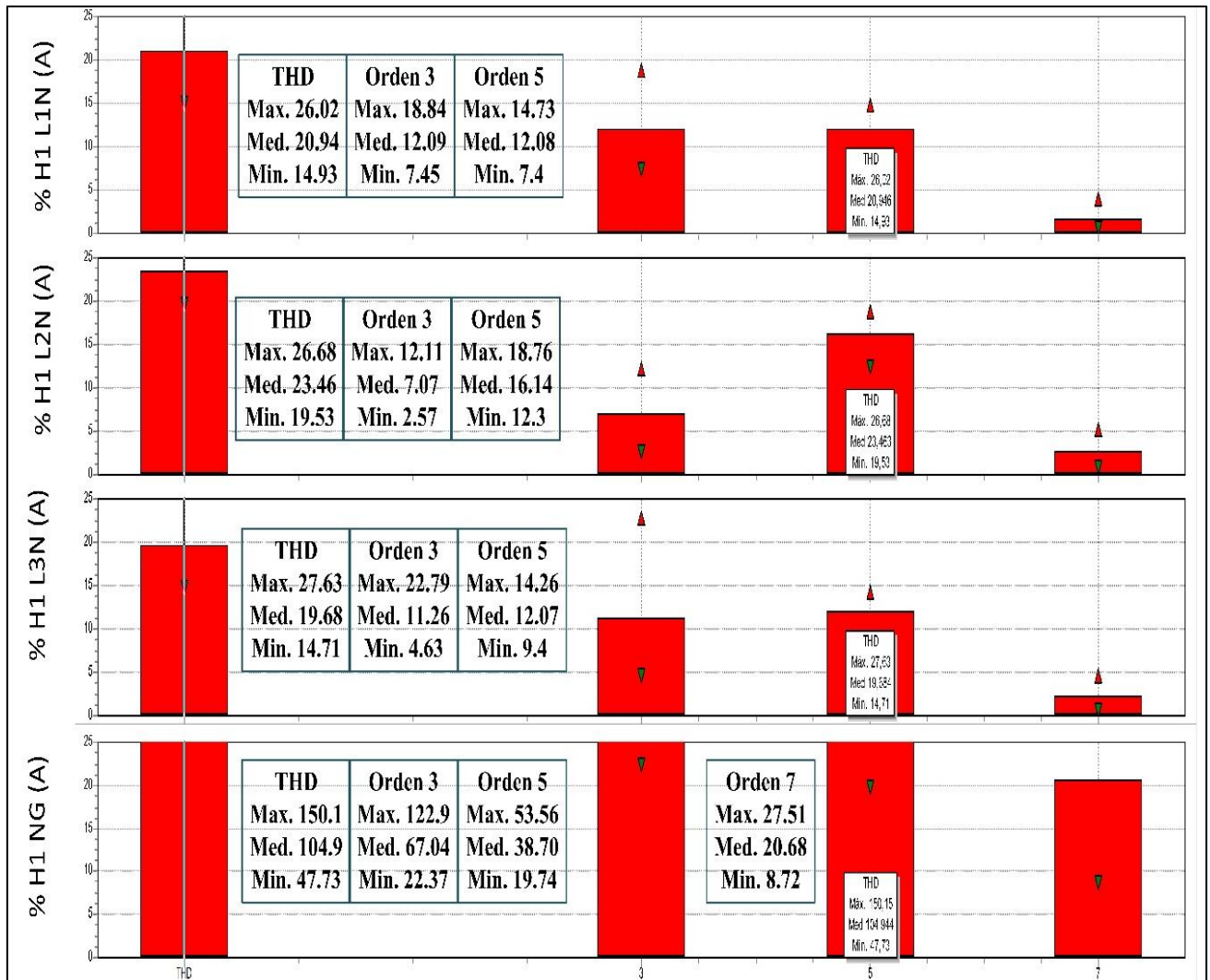


Figura 79: Armónicos en Corriente.

Fuente: Autor

Tabla 11: Medición de los armónicos en corriente

Armónicos	IEC 61000-3-4 (%)	Valores medidos L1(%)	Valores medidos L2(%)	Valores medidos L3(%)
3	21.6	18.84	12.11	22.79

5	10,7	14.73	18.76	14.26
7	7,2	4.03	5.29	4.57
9	3.8	5.8	4.74	5.27
11	3,1	2.97	3.55	3.38
13	2	3	2.95	3.29
15	0.7	1.25	1.19	1.29
17	1,2	1.6	1.58	1.67
19	1,1	1.53	1.62	1.28
23	0,9	1.35	0.94	1.09
25	0,8	0.98	1.08	1.14
Total, THDI	<8	26.02	26.68	27.63
THDI IEEE 519	<5			

3.7 Desequilibrio entre fases y variación de voltaje

En la figura 73 se presenta la variación de tensión y corriente de las 3 fases. En el voltaje no tenemos mayor variación, en la corriente tampoco hay mayor variación. La corriente del neutro está elevada debido a los armónicos que están circulando. Para calcular los desequilibrios, según la resolución 053/18, el límite de la variación de tensión es como máximo del 8%, por lo que los voltajes de la fase se encuentran entre los límites establecidos.

Tabla 12: Desequilibrio de tensión:

fecha:	v[L1]	v[L2]	v[L3]	D%L1	D%L2	D%L3	Bien
Martes 11	124,27 V	123,06 V	124,43 V	2,99	3,19	2,86	Bien
Miércoles 12	124,75 V	123,4 V	124,78 V	1,80	2,91	2,57	Bien
Jueves 13	125,33 V	124 V	125,5 V	2,92	2,41	1,98	Bien
Viernes 14	123,72 V	122,68 V	124,19 V	3,45	3,51	3,06	Bien
Sábado 15	125,92 V	124,85 V	123,19 V	1,64	1,71	3,90	Bien
Domingo 16	123,54 V	122,37 V	125,84 V	3,60	3,78	1,71	Bien
Lunes 17	124,27 V	123,33 V	126,86 V	2,99	2,97	0,89	Bien

Tabla 13: Desequilibrio en corriente

fecha:	I1(R)	I2(S)	I3(T)	D%L1	D%L2	D%L3	Bien
---------------	--------------	--------------	--------------	-------------	-------------	-------------	-------------

Martes	11	121 A	114 A	110 A	1,65	0,88	11,82	Mal
Miércoles	12	112 A	109 A	115 A	9,82	5,50	6,96	Bien
Jueves	13	117 A	115 A	118 A	5,13	0,00	4,24	Bien
Viernes	14	126 A	125 A	120 A	0,79	2,40	2,50	Bien
Sábado	15	118 A	114 A	109 A	4,24	0,88	12,84	Mal
Domingo	16	116A	110 A	107 A	6,03	4,55	14,95	Mal
Lunes	17	116 A	113 A	109 A	6,03	1,77	12,84	Mal

Tabla 14: Estado de los SR del HGONA.

SR	Estado	Conexión al SPT	Temperatura y ventilación
120 KVA	OK	OK	OK
15KVA	INOPERATIVA	OK	No
15KVA	INOPERATIVA	OK	OK
10KVA	OK	OK	OK
40KVA	OK	OK	No
40KVA	OK	OK	No

CAPÍTULO 4

4.1 Diseño de un nuevo sistema regulado para neonatología

Como objetivo principal tenemos que suministrar energía eléctrica de calidad y sobre todo segura que responda a eventos de emergencia, garantizando a través de esta información un sistema robusto y confiable que proteja al personal del hospital como a los pacientes. Información será de utilidad para su posterior ejecución de la obra eléctrica.

Antecedentes:

El estudio ha sido realizado con el fin de garantizar instalaciones eléctricas seguras para el normal desempeño de los usuarios que se encuentren dentro de la institución. En consecuencia, en el presente proyecto técnico. La obra tiene que ser ejecutada por técnicos de alta trayectoria además de experiencia y supervisada constantemente por un Ingeniero Especialista Eléctrico que se distingan en este tipo de instalaciones el área hospitalaria.

La marca de los equipos es apta a utilizarse en el sistema. Por ser un proyecto técnico para la obtención del título de ingeniero, se procedió a realizar un levantamiento del sistema eléctrico en el área a ser intervenida del Hospital, y con ello se realizó los diseños del sistema eléctrico regulado, con el fin de dotar de un sistema eléctrico integral al área específica, cumpliendo con estándares de calidad, acorde a las actividades propias del lugar. Ver anexo 12

Procedimiento del trabajo:

El autor de este proyecto con el fin de servir a esta casa de salud conocida como HGONA, presenta el siguiente proyecto de diseño de un nuevo sistema regulado que ha sido desarrollado en base a la necesidad del HGONA, dentro del plazo establecido, el contratista deberá analizar conjuntamente con la Fiscalización la planificación y coordinación con todas las ingenierías a desarrollarse, así como también el avance de los trabajos.

De manera general este diseño debe realizarse con las recomendaciones del Código Eléctrico Ecuatoriano.

El Contratista deberá gestionar toda la documentación que se requiera para la realización óptima y legal de la tarea en las entidades correspondientes, a fin de cumplir con los términos establecidos en el Contrato. Además, deberá suministrar todos los avisos y advertencias requeridos por las leyes vigentes en el Ecuador como letreros de peligro, precaución, riesgo eléctrico entre otros.

Todo documento que el contratista diga que no es correcto o exista discrepancia, este debe notificarlos de manera inmediata ante los entes reguladores como fiscalizador o encargado con el fin de establecer documentos que prevalezcan sobre los demás.

Sistema actual:

El SR se encuentra ubicado en el piso 1 bloque B, es alimentado por el tablero TP1PN-B que tiene un interruptor termomagnético regulable de caja moldeada de 3P-1000 A configurado con una corriente de 345 A, donde está el interruptor termomagnético regulable de 3P-125 A configurado a 125 A que alimenta al SR.

El SR tiene un tablero con 2 interruptores termomagnéticos regulables que alimentan el área de Neonatología.

Tabla 15: Demanda del área de Neonatología

Interrupor termomagnético		Regulación	Demanda
TRNB	3P-80A	63 A	23 KVA
TRCI	3P-40A	32 A	9.6 KVA

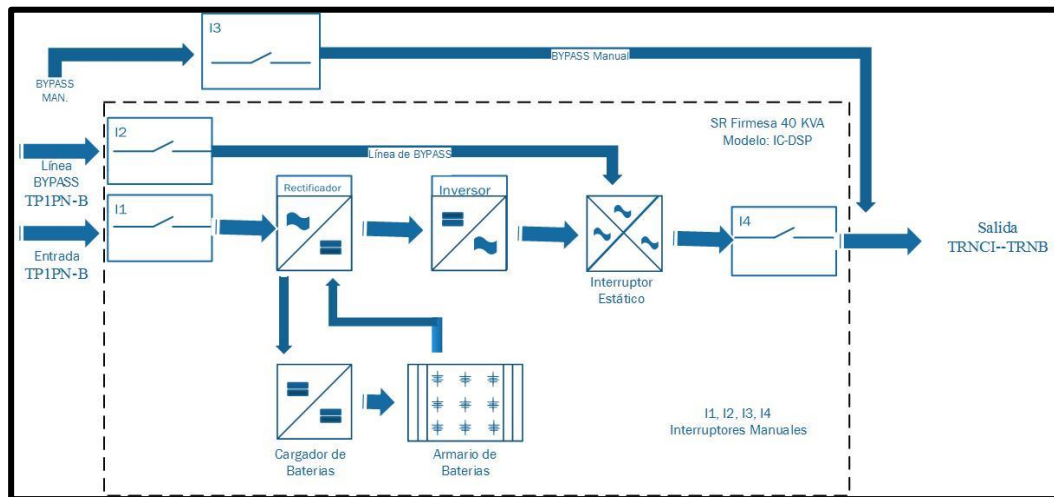


Figura 80: SR 40KVA actual Neonatología

Fuente: Autor

Sistema Recomendado

El sistema regulado de 40KVA, debe tener configuración de paralelismo que puede aumentar hasta 4 SR estos deben ser de la misma marca, capacidad, tecnología son los requisitos para realizar el paralelismo por lo que solo es necesario igualar las cargas, el sistema de comunicación de estos sistemas es DSP que garantiza la comunicación con otro sistema regulado del mismo modelo, el tamaño del disyuntor en un sistema paralelo es de 125 A

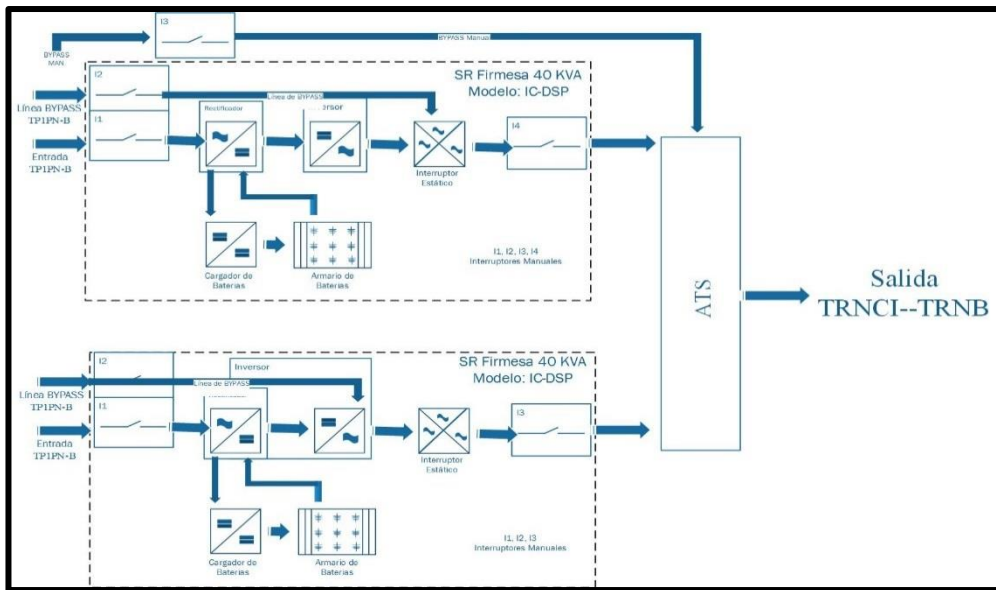


Figura 81: SR Recomendado Neonatología

Fuente: Autor

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES

La inspección y análisis de la cámara termográfica, nos indica la temperatura elevada en las áreas donde se encuentran los SR, se constató que no hay un sistema de climatización que garantice el ambiente óptimo ni la ventilación necesaria para estos equipos, que se encuentran distribuidos en el bloque B en el área de subsuelo, planta baja, primer piso cuya temperatura esta entre los 28 °C y 30°C. La exposición de temperaturas altas durante todo este tiempo ha producido deterioro de las baterías, corrosión, hinchazón en algunos casos, además de no ventilar los gases tóxicos que producen las baterías incurriendo en una falta a la norma INEN19:2001 por lo que es necesario instalar sistemas de ventilación que garanticen la temperatura y ventilación o un sistema de aire acondicionado cualquiera de las alternativas debe garantizar el óptimo ambiente en donde se encuentran estos equipos.

El análisis del ramal principal en donde se encuentran conectados los SR en el tablero TDE_2 nos da inconvenientes, las perturbaciones que se encontraron son armónicos en corriente, cuyo valor es del 25% superando, el límite permitido por la IEEE 519 cuyo valor máximo es de 5%, esto puede provocar fallas, daños, mal funcionamiento de los SR en especial al equipo UPS, generando gastos en mantenimiento correctivos a las tarjetas electrónicas de estos equipos, afectando al suministro de energía de los equipos biomédicos y áreas críticas. En un caso ideal un sistema trifásico equilibrado la corriente del neutro tendría que ser cero, es este caso tenemos armónicos de 3 ,5,7,9 y demás correspondientes grados, cuya consecuencia una corriente alta en el neutro, lo cual es uno de los posibles motivos que daño los 2 SR de 15 kVA, el informe técnico indica que la circuitería se encontró con fallas y no es posible solucionar ya, que las resistencias, capacitores son difíciles de identificar debido a su tamaño.

El sistema eléctrico del hospital en relación con el análisis de cargabilidad, se pudo constatar que este sistema esta sobredimensionado el tablero TDE_2 cuya suma de sus 4 equipos UPS tiene una potencia de 190 kVA, de lo cual solo se está ocupando un 37% , también se encontró que el tablero principal TG1, que soporta la mayoría de carga del hospital esta alimentado por el sistema de 1000kVA alimenta la mayoría de carga de todo el HGONA, y estas cargas son inductivas generadas por el sistema de aire acondicionado como resistivas de los motores que están trabajando en un mismo sistema, estas cargas están provocando, perturbaciones que provocan fallas en los equipos UPS que conforman el SR, que a su vez alimentan a equipos médicos, electrónicos, como de diagnóstico lo que se realizara trabajos para reorganizar y

separar cargas, el sistema de 500kVA tomara las cargas resistivas y los sistemas regulados del tablero TDE_2 con esto evitamos que los inducidos provocados por el sistema de ventilación siga causando perturbaciones que afecten al resto de sistemas.

La correcta instalación, mantenimiento y monitoreo de estos sistemas, también deben tener un SPT que garantice la correcta descarga de corriente a tierra, para evitar eventos de diferente índole como electrocuciones, o daño de equipos, tenemos que tener que el SPT del HGONA, no existe información física ni digital de como esta implementado, en la revisión de pozos de este sistema se pudo constatar que la mayoría está en el área de parqueadero, en la medición del pozo 1 se obtuvo una resistencia de 168Ω , la hipótesis que se maneja es de una mala instalación al inicio de construcción ya que es lo primero que se instala además, el valor incumple con lo sugerido por la IEEE81 que es de 10Ω , este valor está afectando la resistencia general del SPT que se conectan al hospital, por lo que se realizo la desconexión del pozo 1, lo que permitirá que la resistencia general del hospital disminuya y por ultimo mejorar la calidad de la tierra mediante tratamiento químico para aumentar la conductividad y bajar la resistencia.

Otro inconveniente es el SPT de los pararrayos ya que en la revisión que se hizo a estos sistemas, estos no están equipotencializados con el SPT general del hospital, a consecuencia de esto se podría estar produciendo una diferencia de potencial, que podría ser otro motivo en la cual se dañaron los UPS, por lo que ya se trabaja en la equipotencialización de todo el SPT, en el que se incluye el SPT de potencia, el SPT de pararrayos y la implementación de un nuevo SPT para equipos sensibles, con esto evitamos que se formen diferencias de potenciales dentro de la institución.

En el análisis el HGONA esta expuesto, por lo es necesario garantizar la confiabilidad, en el área de neonatología se implementará una redundancia de UPS, para esto se deben tener los equipos de la misma marca, potencia y tecnología todo esto por la comunicación lo que elevara la confiabilidad ante cualquier evento ya que si un equipo UPS queda inoperativo, el otro tomara la carga de este modo el área de neonatología no quedara sin suministro eléctrico de alca calidad.

RECOMENDACIONES

Implementar sistemas de ventilación, o aires acondicionados en todas las áreas donde se encuentran los SR, no solo en los que presentan temperaturas elevadas, además de un cambio de baterías con la finalidad de garantizar la confiabilidad en el respaldo de los UPS que alimentaran a las áreas críticas y equipo biomédico.

Debe realizarse un cambio de protección en el tablero TP1PN-B que alimenta el área de neonatología debido a que el consumo de energía es de 25 A y posee una protección termomagnética de caja moldeable de 3P-1000 A regulado a 315 A.

Se recomienda conectar el cable de tierra del tanque de oxígeno al tablero de distribución TDES 5, ya que se encuentra en el subsuelo y está a 20 m de la ubicación del cable cortado de tierra, para cumplir con todos los parámetros regidos por la INEN 19:2001 que todos los equipos estén equipotencializados.

REFERENCIAS

- [1] A. D. Sandoya, “Norma Ecuatoriana de la Construcción,” in *Opt.Med S.a.*, 2018, p. 25.
- [2] R. Publications and N. Electrical, “NFPA 99 Standard for Health Care Facilities,” p. 262, 2006.
- [3] J. C. Orjuela, “La confiabilidad en los sistemas eléctricos.,” *Schneider Electr.*, pp. 1–37, 2008, [Online]. Available: <http://www.schneider-electric.com.co/documents/eventos/memorias-jornadas-conecta/Confiabilidad/Confiabilidad-sistemas-electricos.pdf>.
- [4] Schneider electric, “Hospitales Grandes,” in *EcoStruxure*, 2016.
- [5] S. J. M. Noroña, “Hospital General para el Valle de los Chillos ‘ Armenia .’” 2018.
- [6] J. D. Arcila, “Armónicos En Sistemas Eléctricos,” *Armónicos En Sist. Eléctricos*, pp. 1–26, 2016.
- [7] C. Z. Bolibar, “Análisis y estudio de daños en la red de datos ocasionado por transitorios en el edificio matriz de la coopccp,” Universidad Politecnica Salesiana, 2013.
- [8] M. Sanz, A. Llombart, S. Ortiz, and F. Gómez, “Merits and limitations of full-bridge rectifier with LC filter in meeting IEC 61000-3-4 harmonic-limit specifications,” *PESC Rec. - IEEE Annu. Power Electron. Spec. Conf.*, vol. 3, no. c, pp. 1133–1136, 2000, doi: 10.1109/PESC.2000.880470.
- [9] M. Holguin and D. Gomezcoello, “Análisis de la calidad de energía eléctrica en el ‘Nuevo Campus’ de la Universida politécnica salesiana,” Universidad Politecnica Salesiana, 2010.
- [10] CONELEC, “Regulación 004/01-Calidad del Servicio Eléctrico de Distribución.” p. 25, 2001, [Online]. Available: <http://www.regulacionelectrica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/02/Regulacion-No.-CONELEC-004-01.pdf>.
- [11] D. I. López, “Recomendaciones para sistemas de puesta a tierra en hospitales,” Universidad del Azuay, 2013.
- [12] C. P. Carlos Cango, “Elaboración de un manual para el diseño y mantenimiento de mallas de puesta a tierra,” Escuela Politecnica Nacional, 2009.

- [13] A. Gabriel and G. Alan, “Estudio de Sistemas de Respaldo de Energía Eléctrica para Cuarto de Telecomunicaciones en la Finca Limoncito.” 2012, [Online]. Available: <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/8547/1/T-UCSG-PRE-TEC-ITEL-215.pdf>.
- [14] J. C. C. PEDRO, *TEMA: ANÁLISIS DEL SISTEMA ELÉCTRICO EN BAJA TENSION (BT) DE LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA CAMPUS SUR USANDO LA CAPTURA DE DATOS EN CAMPO PARA MEJORAR LA EFICIENCIA ENERGÉTICA.* 2020.
- [15] E. O. P. R. Lidia Yaneth Neita Duarte, “Principios Básicos de la Termografía Infrarroja y su Utilización como Tecnica para Mantenimiento Predictivo,” Universidad Pontificia Bolivariana, 2011.
- [16] I. Melero Millán, “Métodos de inyección de potencia reactiva en redes de baja tensión.,” pp. 1–6, 2010.
- [17] C. Dennis DeCosta, V. C. Robert Brown, and S. William Sheh, “IEEE Guide for Measuring Earth Resistivity, Ground Impedance, and Earth Surface Potentials of a Grounding System.” p. 86, 2012, doi: 10.1109/IEEESTD.2012.6392181.
- [18] W. E. Pérez, C. J. Serrano, and O. O. Guevara, “Manual de aplicación de la norma IEEE Std 81 para líneas y subestaciones eléctricas de transmisión .,” p. 183, 2015, [Online]. Available: [http://ri.ues.edu.sv/9008/1/Manual de aplicación de la norma IEEE Std 81.pdf](http://ri.ues.edu.sv/9008/1/Manual%20de%20aplicación%20de%20la%20norma%20IEEE%20Std%2081.pdf).
- [19] D. A. Rodríguez, “Aplicación de la termografía infrarroja como método de inspección no destructivo para el mantenimiento predictivo del proceso de extrusión de tubería en PVC.,” 2017.
- [20] L. Barria and W. Quinteros, “Sistema de Respaldo Redundante para Alimentación de Sistemas de control y monitoreo,” Universidad de Mallaganes, 2008.
- [21] J. M. N. Granizo, “Evaluacion y Diagnostico del Sistema Eléctrico del Hospital Provincial General de Latacunga,” Escuela Politecnica Nacional, 2011.
- [22] M. Holguin, “UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE – GUAYAQUIL,” 2010.

- [23] A. L. V. Ramos, “Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito,” *Tesis*, pp. 1–100, 2015, [Online]. Available: <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/5081/1/UPS-CYT00109.pdf>.
- [24] Comité ejecutivo de la norma ecuatoriana del Ecuador, “Norma Ecuatoriana De Construcción Nec Capítulo 15 Instalaciones Electromecánicas,” p. 173, 2013, [Online]. Available: <https://www.ecp.ec/wp-content/uploads/2017/09/NECINSTALACIONESELECTROMECHANICAS2013.pdf>.
- [25] V. conductores Monterrey, “Manual del Electricista,” Monterrey, p. 243, 2013.
- [26] Instituto Ecuatoriano De Electrificación, “Código Eléctrico Nacional,” pp. 16–931, 2019.
- [27] J. C. IBÁÑEZ, J. V. M. CAMIÑA, R. G. TORRES, and J. L. D. V.-I. BOLAÑO, “Alimentación de cargas críticas y calidad de la energía eléctrica.” p. 440, 2013, [Online]. Available: https://books.google.pt/books?id=UcgkDoFNt7YC&pg=PT3&lpg=PT3&dq=denominados+cargas+críticas&source=bl&ots=kRA3ajsziW&sig=dwTgXUr2biUW6sWVNA-l_uqWuXA&hl=pt-PT&sa=X&ved=0ahUKEwjHrPDFqOnOAhXIXhQKHQySDboQ6AEIGzAA#v=onepage&q=denominados%25.
- [28] V. H. Kurtz, “Sistemas de Alimentacion Ininterrumpida.” p. 65, 2000.
- [29] “Smart-UPS DP Sistema de alimentación ininterrumpida Modelos Manual del usuario.”
- [30] J. P. García, “Estudio De Los Sistemas Paralelos De Ups Como Factor De La Disponibilidad De Los Datos En Los Centros De Cómputo,” *Gac. Sansana*, vol. 1, pp. 16–38, 2015, [Online]. Available: <http://publicaciones.usm.edu.ec/index.php/GS/article/view/53/85>.
- [31] M. D. E. Usuario, “SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN ININTERRUMPIDA (SAI).”
- [32] S. A. Núñez, “Diseño de un Sistema de Alimentación Ininterrumpida de un Centro de Procesamiento de Datos (CPD),” p. 106, 2016, [Online]. Available: https://e-archivo.uc3m.es/handle/10016/24215%0Ahttps://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/24215/TFG_Sergio_Albarra_nunez_2016.pdf

- [33] T. B. G. Egziabher and S. Edwards, "IEC 62040-3," vol. 53, no. 9. p. 122, 2013.
- [34] E. Fluke, "Normas Aplicables a la Calidad Eléctrica," 2012.
- [35] F. G. Montoya, F. Manzano-Agugliaro, J. G. López, and P. S. Alguacil, "Power quality research techniques: Advantages and disadvantages | Técnicas de Investigación en Calidad Eléctrica: Ventajas e Inconvenientes," *DYNA*, vol. 79, no. 173 PART I, 2012.
- [36] IEEE, *IEEE 446-1995 Recommended Practice for Emergency and Standby Power Systems for Industrial and*, vol. 1995. 2000.
- [37] A. J. C. (Universidad de A. Campos, "Calidad de la energia electrica," *Upme-Colciencias*. p. 22, 2014.
- [38] C.G. Rubio Alulema, "Análisis armónico en la red de distribución eléctrica para determinar los efectos de la inclusión de vehículos eléctricos usando transformada de Wavelet y Hilbert Huang." p. 38, 2019, [Online]. Available: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/17429>.
- [39] Agencia de Regulacion y control de Electricidad., "RESOLUCIÓN Nro. ARCONEL-053/18," pp. 1–40, 2018.
- [40] P. K. Mccarthy, "Comparación de configuraciones de diseño de sistemas UPS." p. 32.
- [41] Procobre, "Sistemas de Puesta a tierra," p. 99, 2010.
- [42] Y. P. A. Rafael Daza, Jose Gómez Cera, "Diseño del sistema de puesta a tierra de la Universidad de la Costa Aplicando las reglamentaciones vigentes.," Universidad de la Costa, 2012.
- [43] C. B. Leonardo Mendoza, "Tutorial de sistemas de puesta a tierra con aplicación en subestación electrica del Hospital Universitario del Caribe," Universidad Tecnologica de Bolívar, 2006.
- [44] F. C. Ospina, *Tierras Soporte de la Seguridad Eléctrica*, 5 edición. Bogotá: Agosto, 2010.
- [45] ISO_354, *IEC 62305-2*, 2010th ed., vol. 2003. 2003.

- [46] Electroindustria, "ElectroIndustria."
- [47] C. Cem, "IEC 60364-7-710," p. 24, 2001.
- [48] Fluke Corporation, "Catalogo Fluke 434-II/435-II/437-II," p. 182, 2012, [Online]. Available: <http://www.fluke.com/fluke/coes/support/manuals/default.htm>.
- [49] L. Gavilanez Ortiz, "Diseño de un Sistema de Potencia para la eliminación de Distorsiones Armónicas Provocadas por Cargas Inductivas," Escuela Superior Politecnica de Chimborazo, 2015.

ANEXOS

Anexo 1: Tabla resumen de la Norma Ecuatoriana de Construcción, capítulo 15 con las secciones de los distintos componentes de cada instalación eléctrica.

Tabla 16: NEC capítulo 15

Norma Ecuatoriana de construcción	
Título	Sección
Malla a tierra.	15.1.3.1.2.1.
Conexiones a tierra	15.1.3.1.2.2.7.
Ubicación.	15.1.3.1.3.
Ubicación de transformadores.	15.1.3.1.3.1. ---- 15.1.3.1.3.2.---- 15.1.3.1.3.3.----15.1.3.1.3.5.
Transformador.	15.1.3.2.1.
Sistemas de autogeneración (conceptos generales)	15.1.4.----15.1.4.0.----15.1.4.0.1
Sistema de Emergencia.	15.1.4.1. ---hasta--- 15.1.4.1.10.
Alimentación del sistema de emergencia.	15.1.4.3.----15.1.4.3.3.
Circuitos de Emergencia	15.1.4.4. ---- 15.1.4.4.2. ---- 15.1.4.4.3.---- 15.1.4.4.4. ---- 15.1.4.3.3.
Exigencias generales de las instalaciones Eléctricas y Electrónicas.	15.1.5.0. ---- 15.1.5.0.2. ---- 15.1.5.1.4.---- 15.1.5.1.5.----15.1.5.1.9.
Conductores, uniones y derivaciones.	15.1.5.1.10.----15.1.5.1.10.
Espacios de trabajo y distancias mínimas de seguridad	15.1.5.2.---15.1.5.2.7.
Marcas de identificación	15.1.5.3.
Ventilación	15.1.6.2.5.
Tableros.	15.1.6. ---- 15.1.6.0.1. ---- 15.1.6.0.2. ---- 15.1.6.0.3. ---- 15.1.6.0.3.1.
Clasificación de Tableros:	- 15.1.6.1
Tableros Principales	- 15.1.6.1.1.1.
Tableros principales auxiliares	- 15.1.6.1.1.2.
Tableros de distribución	- 15.1.6.1.1.3.
Tableros de control y comando	- 15.1.6.1.1.4.
Tableros especiales	15.1.6.1.1.5.
Especificaciones:	- 15.1.7.1.

Canalizaciones	-	15.1.7.1.1.
Conductores de los alimentadores y sub alimentadores.		15.1.7.1.1.2. ---- 15.1.7.1.1.3. ----
-Canalización de los alimentadores.	-	15.1.7.1.1.4.
Protecciones.		15.1.7.1.1.5. ---- 15.1.7.2.3. 15.1.7.1.2.2. ---- 15.1.7.1.2.3.
Dimensionamiento del neutro		15.1.7.2. ---- 15.1.7.2.3.
Materiales y sistemas de canalización:	-	15.1.8.
Conductores		15.1.8.0.1. ---- 15.1.8.0.1.1. ---- 15.1.8.0.1.2. ---- 15.1.8.0.1.3. ---- 15.1.8.0.1.4. ---- 15.1.8.0.1.5. ---- 15.1.8.0.1.6.
Canalizaciones y conductores.		15.1.8.0.4. ---- 15.1.8.0.4.1. ---- 15.1.8.0.4.4. ---- 15.1.8.0.4.5. ---- 15.1.8.0.4.8. ---- 15.1.8.0.4.13. ---- 15.1.8.0.4.14.
Conductores para instalaciones.		15.1.8.1. ---- 15.1.8.1.1.1. ---- 15.1.8.1.1.2.
Especificaciones y condiciones de uso de los conductores.		15.1.8.1.2. ---- 15.1.8.1.2.1.
Sistemas de puesta a tierra:		15.1.10.
-Conceptos generales	-	15.1.10.0.
Objetivos de un sistema puesta a tierra		10.0.4. --- 10.0.5. ---- 10.0.6.
-Requisitos Generales		15.1.10.1.
-Requisitos de instalación de electrodos		15.1.10.2.2. ---- 15.1.10.2.2.2. ---- 15.1.10.2.2.3.
Instalación de iluminación y tomacorrientes.		15.1.11.
-Circuitos		15.1.11.0.4. -- 15.1.11.0.4.1. -- 15.1.11.0.4.2. -- 15.1.11.0.4.3. -- 15.1.11.0.4.5.
Iluminación y tomacorrientes en ambientes asistenciales y educacionales.	-	15.1.11.3. ---- 15.1.11.3.1.
Tabla de iluminación en ambientes asistenciales y		15.1.12.

educacionales.

Indicaciones específicas

15.1.11.3.2. ---- 15.1.11.3.3.. ----
15.1.11.3.6. ---- 15.1.11.3.7.

Alumbrado de Emergencia

15.1.11.3.2. ---- 15.1.11.5.1. ----
15.1.11.5.2. ---- 15.1.11.5.3. ----
15.1.11.5.5,

Consideraciones de eficiencia energética

15.1.12.2.

Luminarias y equipo asociado

15.1.12.2.3.

Fuente: A. L. V. Ramos, "Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito," *Tesis*, pp. 1–100, 2015,

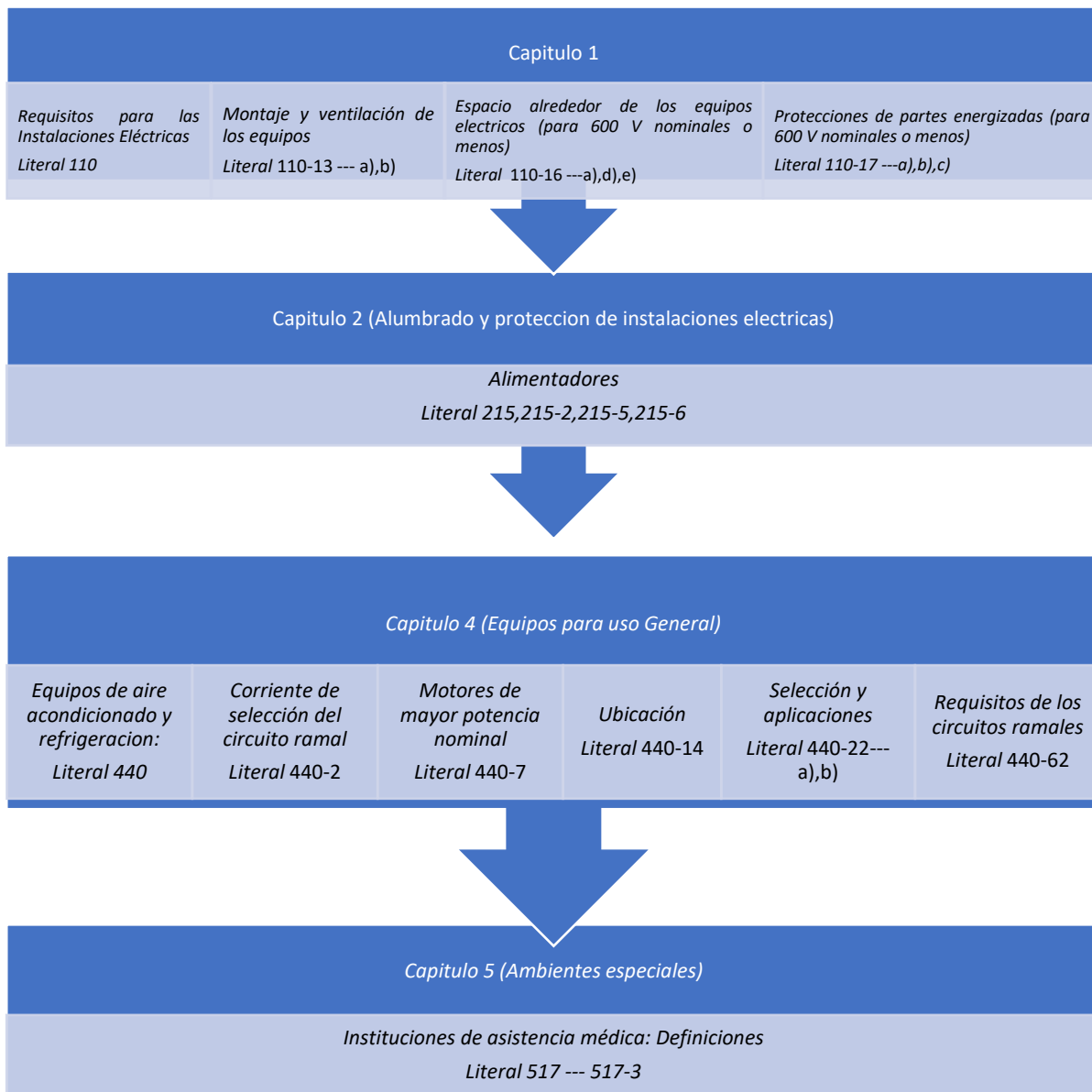
Anexo 2: Tabla comparativa de los conductores y amperaje que soportan.

Tabla 17: Amperaje que soportan los cables[25]

Amperaje que soportan los cables de cobre					
Nivel de temperatura:	60°C	75°C	90°C	60°C	
Tipo de aislante:	TW	RHW, THW, THWN	THHN, XHHW-2, THWN-2	SPT	
Medida / calibre del cable	Amperaje soportado			Medida / calibre del cable	Amperaje soportado
14 AWG	15 A	15 A	15 A	20 AWG	2 A
12 AWG	20 A	20 A	20 A		
10 AWG	30 A	30 A	30 A	18 AWG	10 A
8 AWG	40 A	50 A	55 A		
6 AWG	55 A	65 A	75 A	16 AWG	13 A
4 AWG	70 A	85 A	95 A		
3 AWG	85 A	100 A	115 A	14 AWG	18 A
2 AWG	95 A	115 A	130 A		
1 AWG	110 A	130 A	145 A	12 AWG	25 A
1/0 AWG	125 A	150 A	170 A		
2/0 AWG	145 A	175 A	195 A		
3/0 AWG	165 A	200 A	225 A		
4/0 AWG	195 A	230 A	260 A		

Anexo 3: Resumen de los capítulos de la INEN 19:2001 del Código de Práctica Ecuatoriana.

Tabla 18: Código de Práctica Ecuatoriana CPE INEN 19:2001



Anexo 4: Division de las areas de trabajo de los cuartos electricos.

En esta tabla se encuentra el área de los cuartos eléctricos se dividen según las áreas de trabajo y no del espacio útil.

Tabla 19: Cuarto de Equipos. Edificios de uso especial[24]

Áreas de trabajo	Área m2
0 a 100	14
101 a 400	37
401 a 800	74
801 a 1200	111

Anexo 5: Componentes y conexión del Fluke 435.

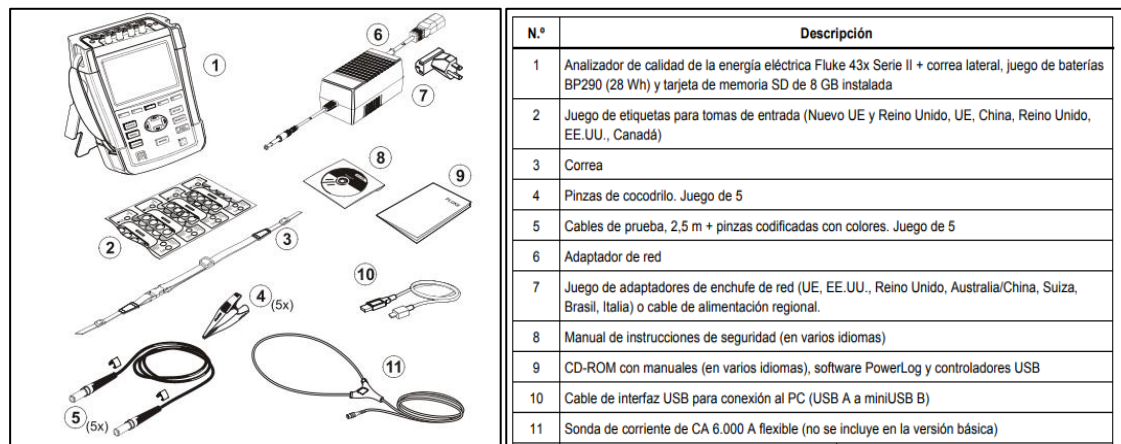


Figura 82: Componentes del analizador Fluke 435.

Fuente: Fluke Corporation, “Catalogo Fluke 434-II/435-II/437-II,” p. 182, 2012

Conexiones de entrada

El analizador tiene 4 entradas BNC para pinzas amperimétricas y 5 entradas tipo banana para tensiones. Los cables tienen etiquetas autoadhesivas que se corresponden con los códigos de color del cableado. Adherir las etiquetas correspondientes a sus códigos del cableado locales alrededor de las entradas de corriente y tensión. Siempre que sea posible, desactive los sistemas de alimentación antes de realizar las conexiones. Utilice siempre el equipo de protección personal apropiado. Evite trabajar solo y trabaje normas de seguridad.[48]

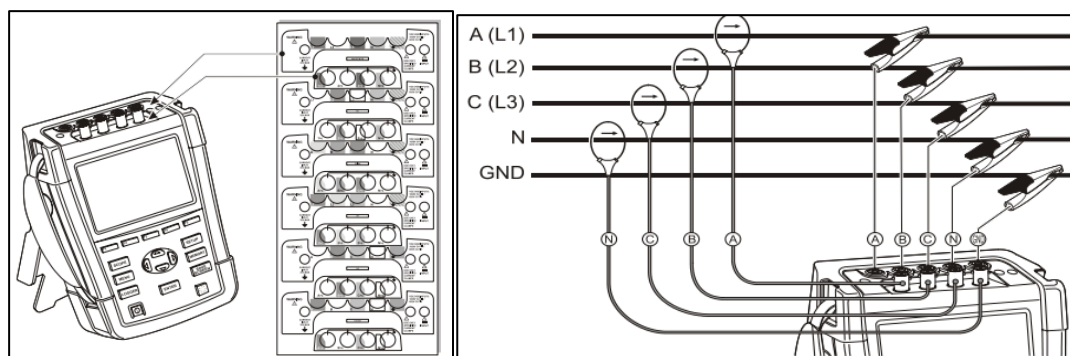


Figura 83: Conexión Analizador Fluke 435.

Fuente: Fluke Corporation, “Catalogo Fluke 434-II/435-II/437-II,” p. 182, 2012

Anexo 5.1: Clasificación de las interferencias y disturbios.

Tabla 20: Interferencias y disturbios[28]

Interferencias y Disturbios	
Grupo 1	Oscilaciones transitorias, "Spikes", RFI y EMI
Grupo 2	Sobretensiones y "Surge", Subtensiones y "Sag"
Grupo 3	Falta de Tensión
Grupo 4	Armónicos en la red

Anexo 5.2: Parametros y rangos maximos de equipo critico.

Tabla 21: Rangos típicos de servicio para equipos crítico.[28]

Parámetro	Rangos Máximos
Variación de la tensión de alimentación	(+5% U_n -10% a +10% U_n -15% U_n +6% a -13% U_n +10% a -15%)
Disturbios de tensión	
Subtensión momentánea	(-25% a -30% menos de 0,5 s -100 de 4 a 20 ms)
Sobretensión transitoria	(+150% a +200% menos de 0,2 s)
Distorsión armónica de tensión	3% a 5% con carga no lineal
Ruido	No normalizado
Variación de Frecuencia	60Hz +/- 0,5 a +/- 1Hz
Promedio de frecuencia en la carga	1 Hz/s
Desequilibrio de la tensión de fase, para sistemas trifásicos	2,5% a 5%
Desequilibrio de la carga, para sistemas trifásicos	5% a 20% Máximo para cada fase
Factor de potencia	0,8 a 0,9

Anexo 6: Secuencia de armónicos en la red.

Tabla 22: Secuencia de los armónicos.[49]

Secuencia de Armonicos		
0(DC)	Frecuencia (Hz)	Secuencia
1 (Fundamental)	60	+
2	120	-
3	180	0
4	240	+
5	300	-
6	360	0
7	420	+
8	480	-
9	540	0
10	600	+
11	660	-

Anexo 6.1: Limites de los armónicos en corriente según la IEEE 519.

Tabla 23: Limites de los armónicos en corriente[39]

Nivel máximo de armónicos impares (% de la corriente máxima de demanda)						
I_{cc}/I_n	$3 \leq h < 11$	$11 \leq h < 17$	$17 \leq h < 23$	$23 \leq h < 35$	$35 \leq h < 50$	TDD
<20	4	2	1.5	0.6	0.3	5
20<50	1	3.5	1.5	1	0.5	8
50<100	10	4.5	4	1.5	0.7	12
100<1000	12	5.5	5	2	1	15
>1000	15	7	6	2.5	1.4	20

Anexo 7: Resistencia del SPT según la IEC 62305-2.

En la siguiente tabla se muestra los valores recomendados por la norma IEC 62305-2, para los Hospitales pero hacer este tipo de SPT es muy complicado debido a las condiciones de los distintos tipos de suelo.

Tabla 24: Valores recomendados de la resistencia de puesta a tierra de sistemas eléctricos en Hospitales.[11]

Departamento	Valor recomendado por Norma IEC 62305-2 Ω
Transformador de Distribución	0.2 Ω

Departamento de imágenes y diagnóstico	0.2 Ω
Generador Eléctrico	0.2 Ω
Hospital en General	0.2 Ω

Anexo 8: Clasificación del diferencial de temperatura.

Tabla 25: Parámetros para evaluación con la cámara termo gráfica.[14]

Para efectos de clasificación de eventos se manejan los siguientes criterios, teniendo en cuenta los criterios de la NETA, * O/S: Temperatura Over Similar –O/A: Temperatura Over/Ambient

DIFERENCIAL DE TEMPERATURA	CLASIFICACIÓN	CONDICIÓN
1°C --10°C O/A y < 3°C O/S	En buen estado	BUENO
11°C--20°C O/A y 3°C a 15°C O/S	Probable deficiencia	ACEPTABLE
21°C--40°C O/A y >15°C O/S	Deficiencia	INSATISFACTORIA
>40°C O/A y >15°C O/S	Deficiencia mayor	PELIGROSA

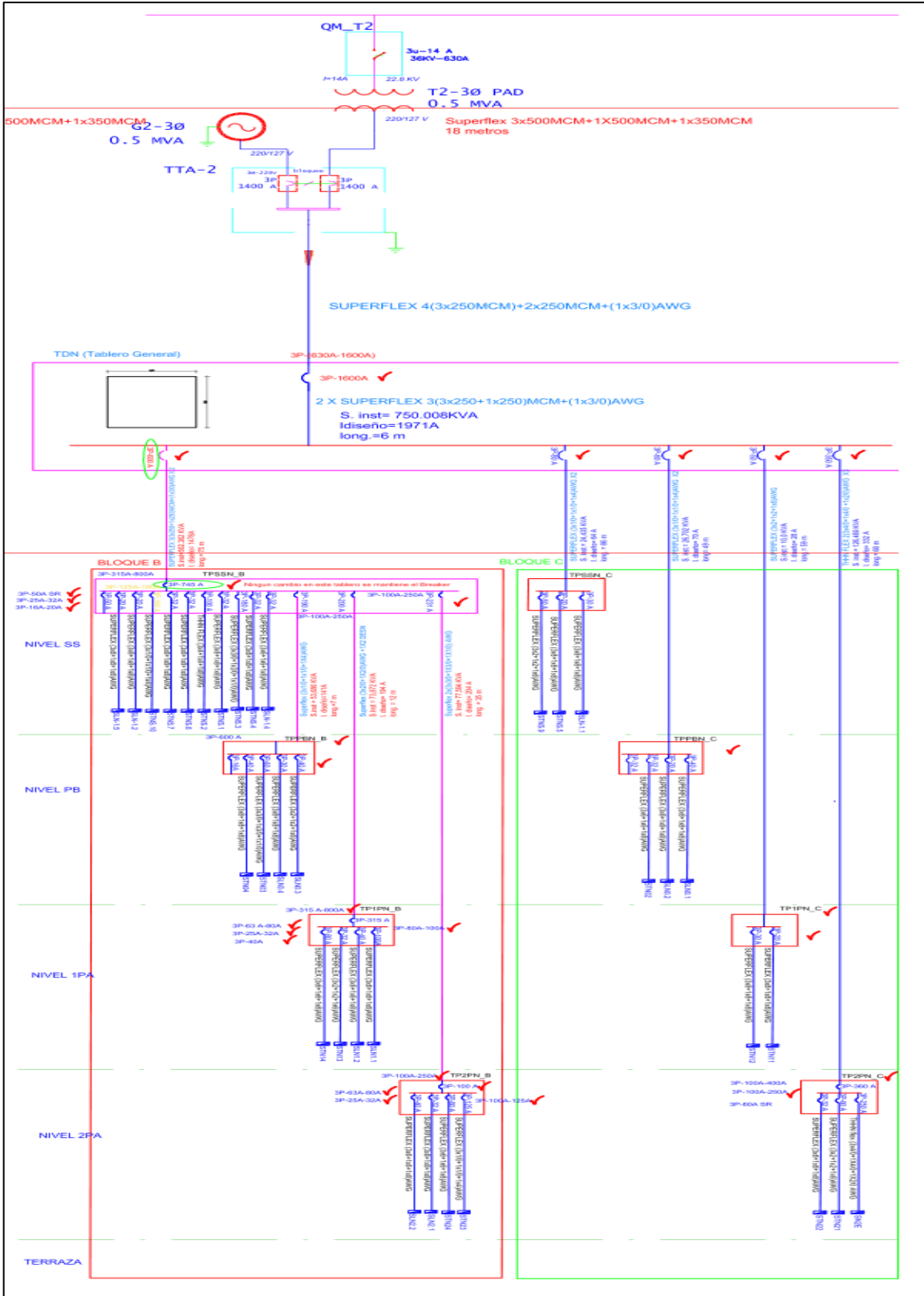
Tabla 26: Criterios de aceptación.[14]

TEMPERATURA (°C)	BAJA TENSIÓN	TIEMPO DE EJECUCION PARA EL MANTENIMIENTO
MAYOR DE 71	CRITICO	INMEDIATO
50 --70	GRAVE	MENOR A DOS DIAS
31 --50	SEVERO	LO MAS PRONTO POSIBLE
21 --30	MODERADO	ANTES DE UN MES
8--20.	TOLERABLE	PROGRAMABLE
0 --7	PERMISIBLE	OBSERVACION

Anexo 9: Plano Unifilar HGONA.

Diagrama unifilar Actual:

En el diagrama unifilar solo constan 4 SR que son abastecidos del sistema de 1000kVA que en el plano unifilar se encuentran en el bloque B. Faltan 2 SR que no están registrados en el HGONA por lo que se procedió a actualizar el diagrama unifilar.



Figura

84: Diagrama Unifilar HGONA sistema de 500KVA

Fuente: HGONA planos entregados por el Consorcio Bueno & Castro

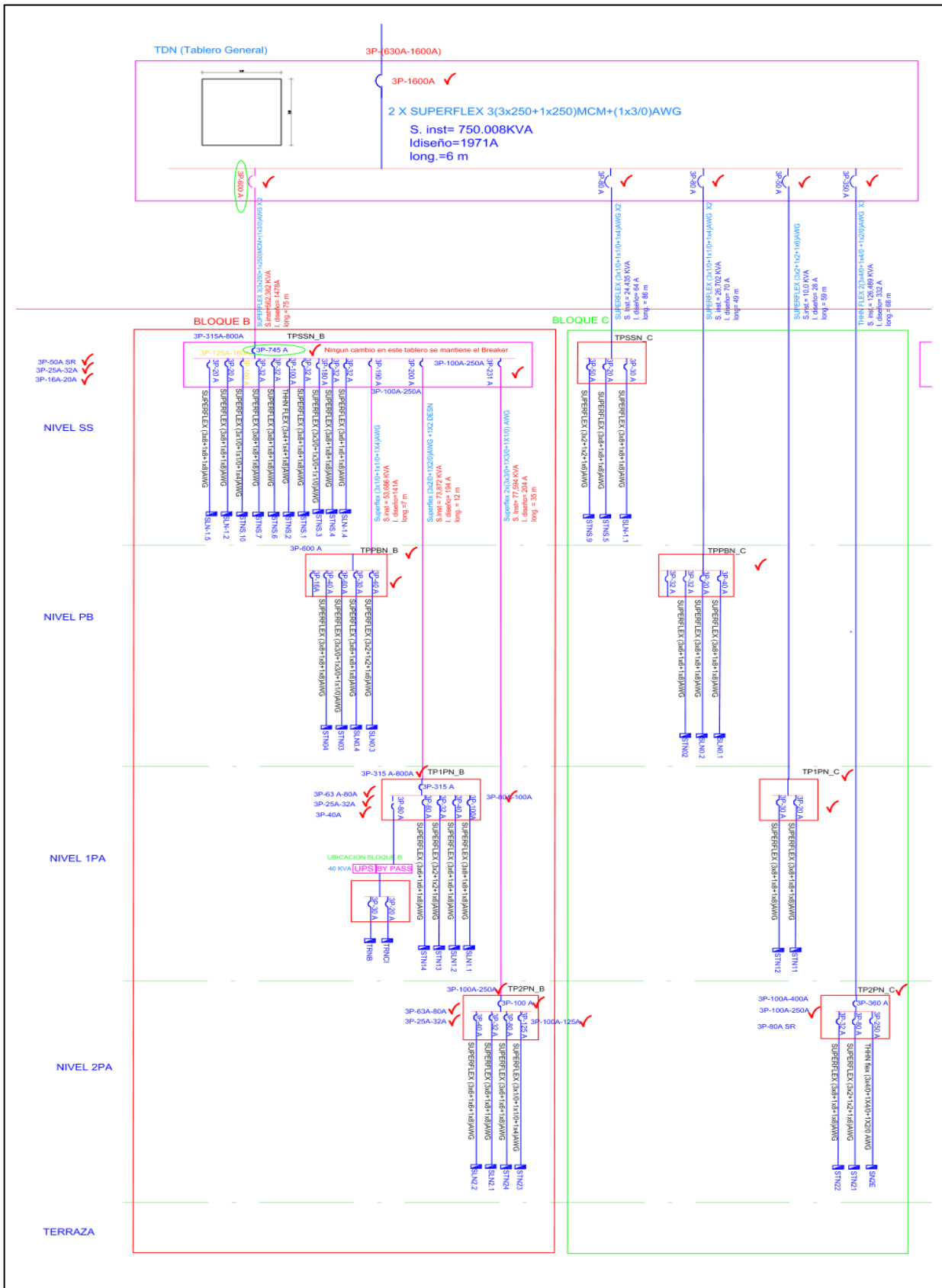


Figura 85:Diagrama Unifilar Actualizado sistema de 500KVA.

Fuente: Autor

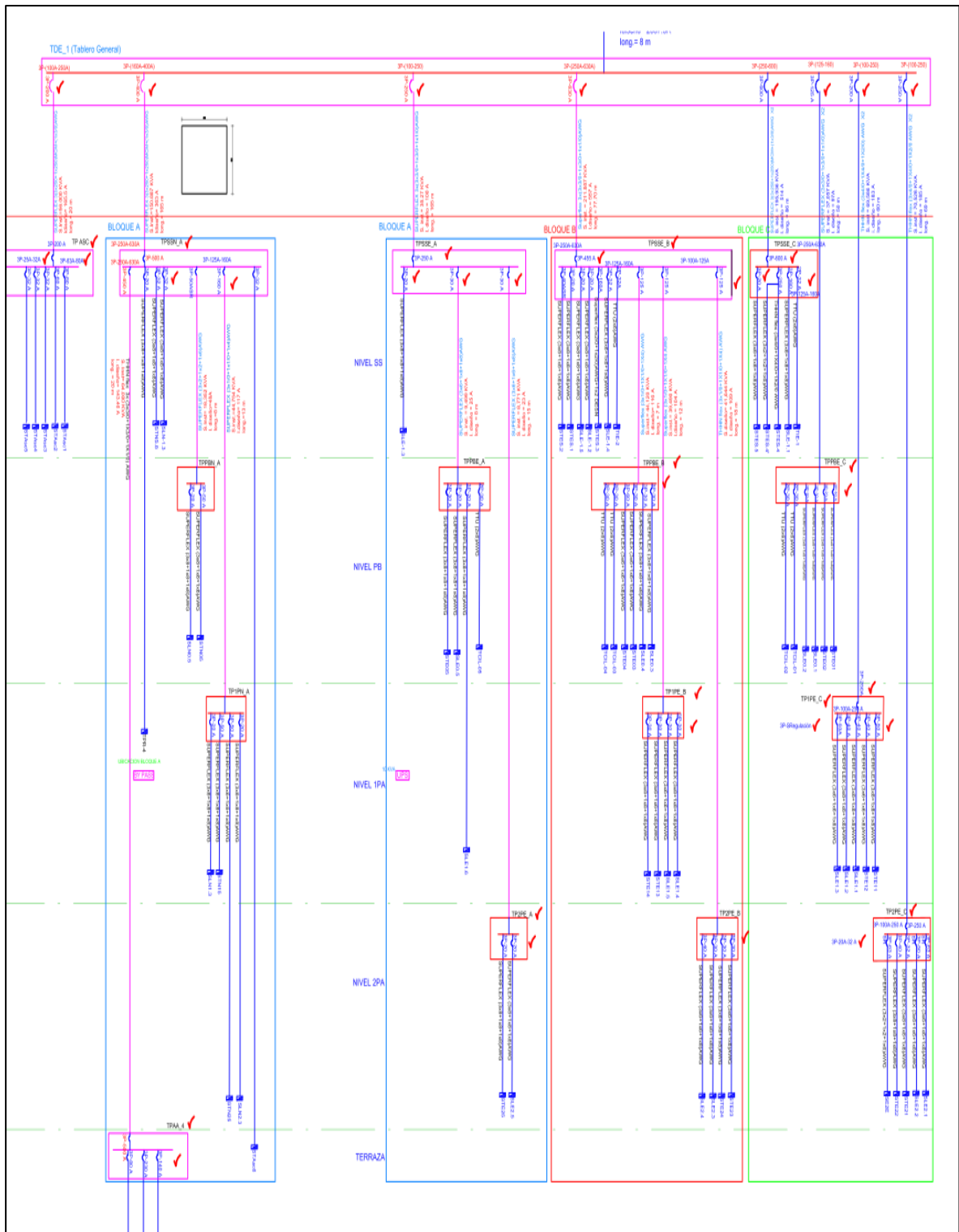


Figura 86: Diagrama Unifilar TDE_1 sistema de 1000KVA.

Fuente: HGONA planos entregados por el Consorcio Bueno & Castro

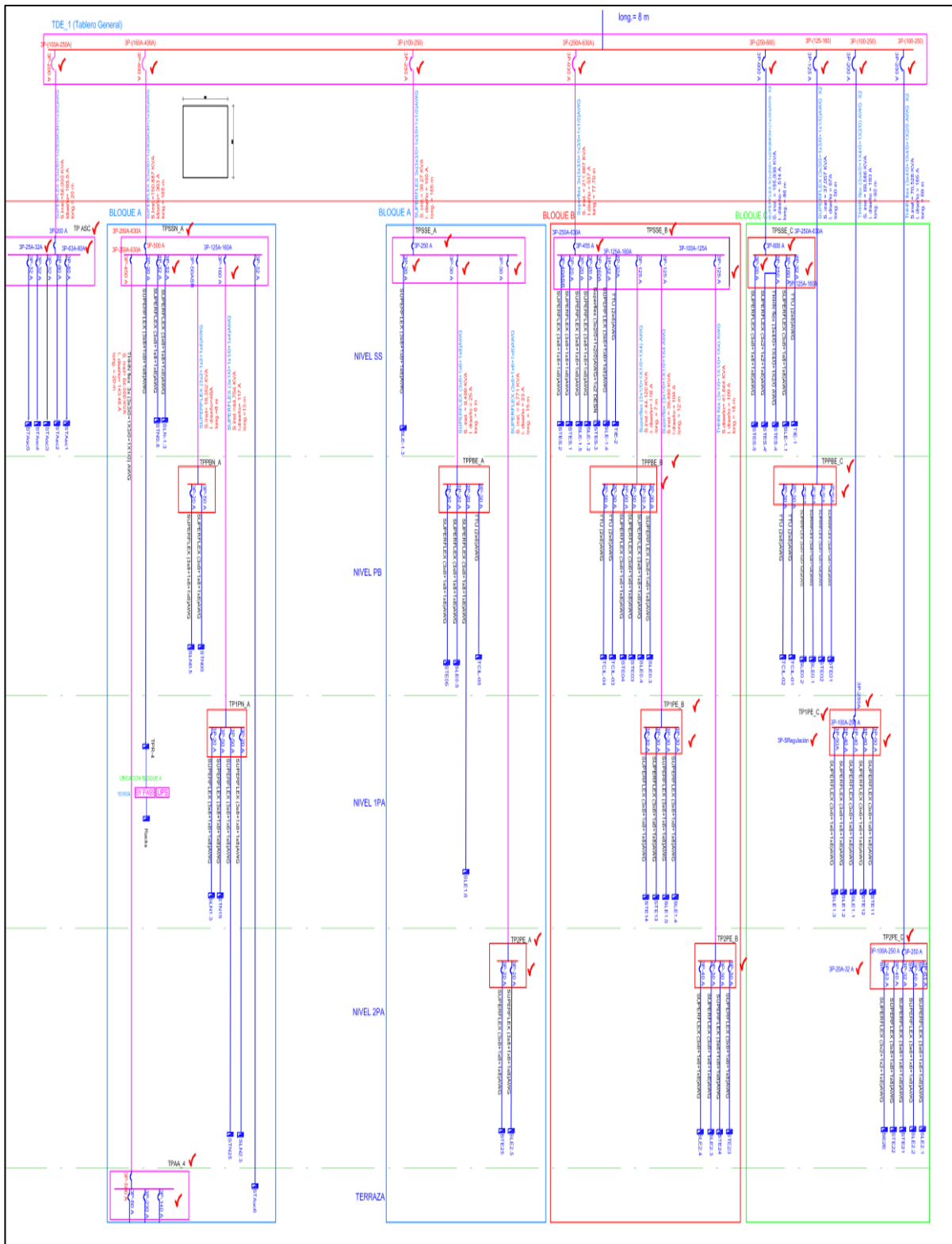


Figura 87: Diagrama Unifilar Actualizado TDE_1 sistema 1000KVA.

Fuente: Autor

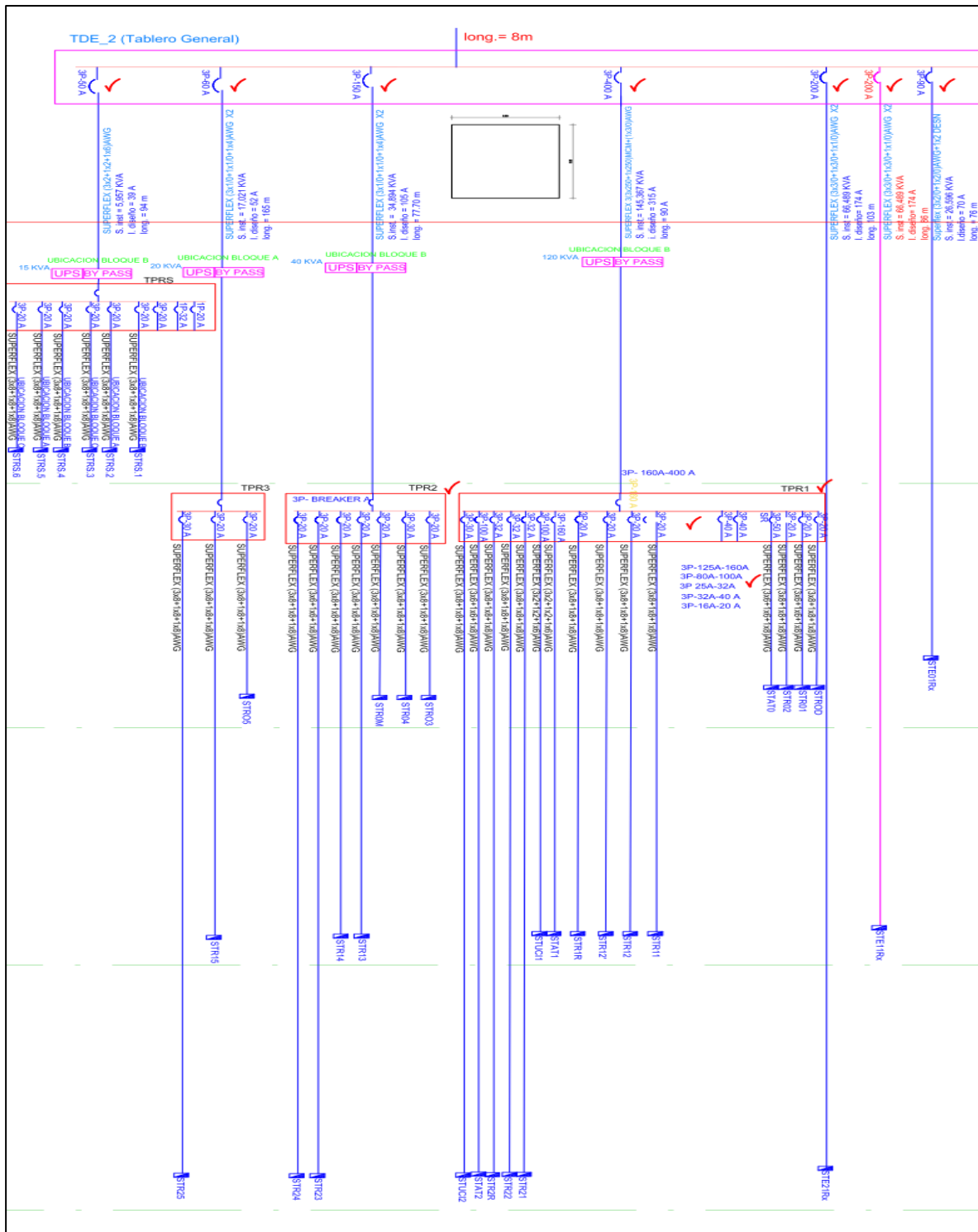


Figura 88: Diagrama Unifilar TD_2 sistema de 1000KVA

Fuente: HGONA planos entregados por el Consorcio Bueno & Castro

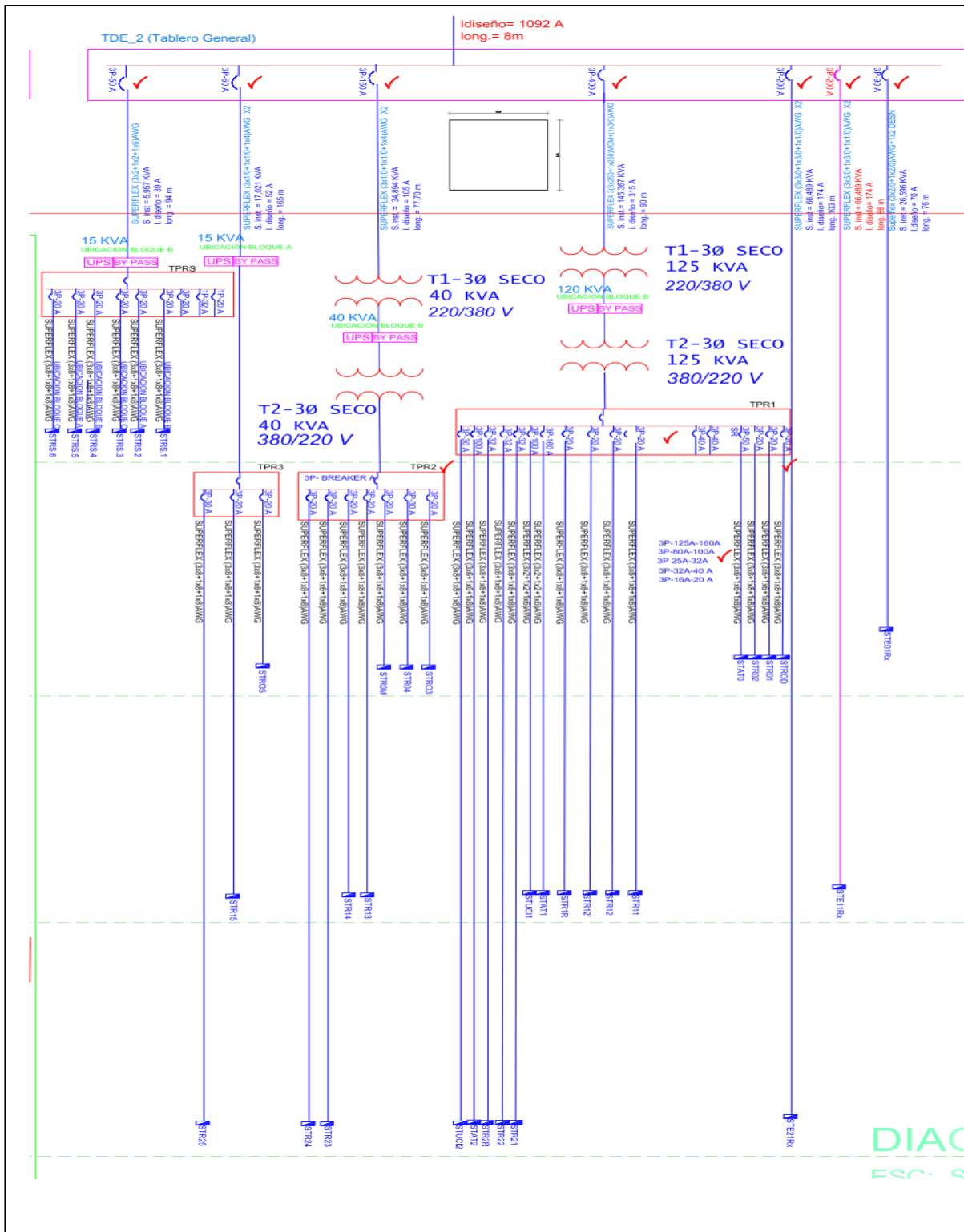


Figura 89: Diagrama Unifilar TDE_2 Actualizado sistema 1000KVA.

Fuente: Autor

Anexo 10: Niveles de cargabilidad de los sistemas regulados del HGONA.

SR DE 120kVA:

En esta figura se puede observar la entrada de voltaje y corriente que ingresan en el sistema regulados de 120 KVA que ingresan al rectificador.

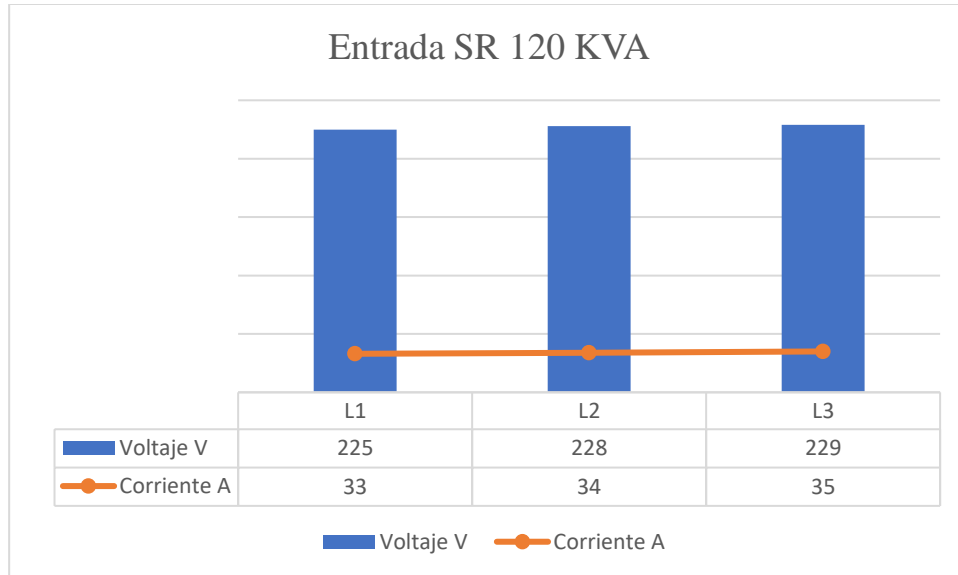


Figura 90: Valores de ingreso a la SR de tensión y corriente.

Fuente: Autor

En esta imagen se puede observar la salida de voltaje y corriente que salen del inversor además de la carga que se está suministrando en cada línea de salida.

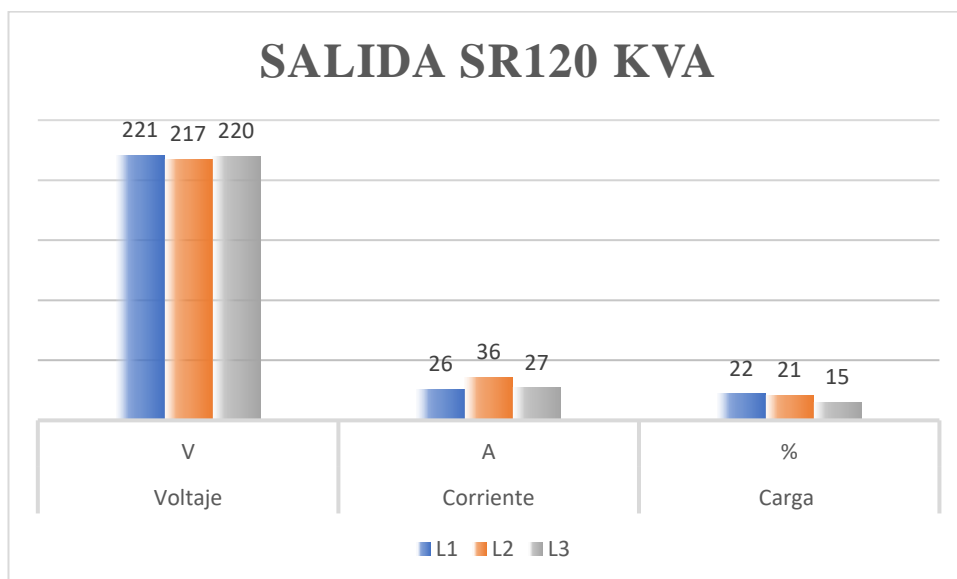
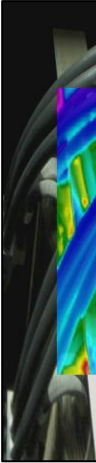
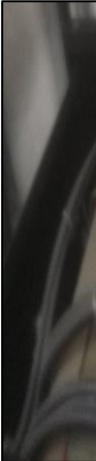



Figura 91: Valores de salida de SR de tensión y corriente.

Fuente: Autor

Tabla 27: Información de los transformadores

	Empresa	METRILEC CIA. LTDA.		
	Transformador			
	Equipo	AUTO.TR		
	Entrada	Voltaje (V)	Corriente (A)	
	S-T-R	380	190	
	Temperatura 63.7°C			
	Salida	Voltaje (V)	Corriente (A)	
	U-V-W	210	344	
	U1-V1-W1	220	328	
	Frecuencia Hz	60	N° Fases	3
	Potencia KVA	125		
	Serie	12388		
	Empresa	METRILEC CIA. LTDA.		
	Transformador			
	Equipo	AUTO.TR		
	Entrada	Voltaje (V)	Corriente (A)	
	S-T-R	220	328	
	Temperatura 61.2°C			
	Salida	Voltaje (V)	Corriente (A)	
	U-V-W	380	195	
	U1-V1-W1	380	190	
	U2-V2-W2	390	185	
	Frecuencia Hz	60	N° Fases	3
	Potencia KVA	125		
	Serie	12348		

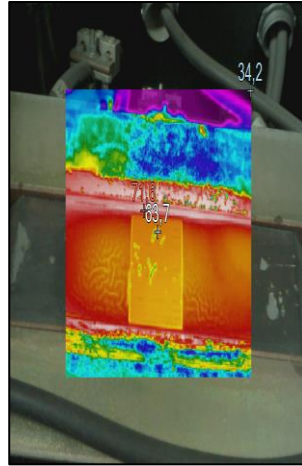


Figura 92: Imagen de la izquierda transformador elevador 220/380V e Imagen de la derecha transformador reductor 380/220 V a 125KVA los 2 transformadores

Fuente: Autor

En estas tablas se puede observar los transformadores que utiliza el SR de 120KVA para su funcionamiento en este caso tenemos un transformador elevador y un transformador reductor de voltaje con la misma potencia de 125KVA estos transformadores son de tipo seco, y estos utilizan el aire del ambiente para su refrigeración además que este tipo de transformadores requiere mantenimiento mínimo son confiables y de larga duración estos transformadores son utilizados en edificaciones cercanas a la carga, como también tienen una vida útil de aproximadamente 20 años antes de fallar. Estos transformadores producen calor que se disipa con el ambiente, pero al estar junto al SR de 120 KVA que produce igualmente calor, todo en el mismo cuarto esto produce una subida de temperatura que no puede ser ventilado por el aire acondicionado que se encuentra en el cuarto teniendo una temperatura de 28° C en todo el cuarto.

SR DE 40 KVA:

En esta figura se puede observar la entrada de voltaje y corriente que ingresan en el sistema regulados de 40 KVA que ingresan al rectificador.

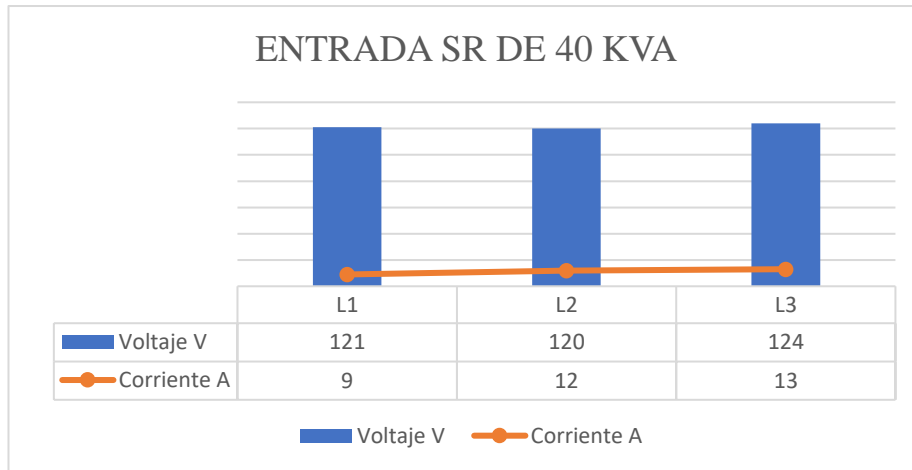


Figura 93: Valores de entrada SR de tensión y corriente.

Fuente: Autor

En esta imagen se puede observar la salida de voltaje y corriente que salen del inversor además de la carga que se está suministrando en cada línea de salida.

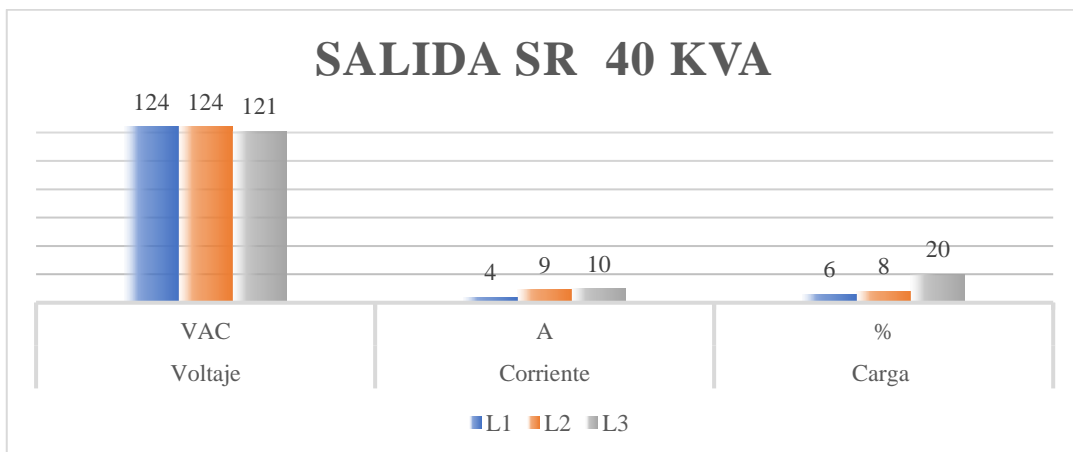


Figura 94: Valores de salida del SR tensión y corriente.

Fuente: Autor

La temperatura del cuarto eléctrico en donde se encuentra este equipo no tiene ventilación por lo que el calor se acumula dentro de este cuarto aumentando la temperatura a 30 °C, incumpliendo con la INEN 19:2001 en donde se indica que la ventilación es importante por los gases que puede producir las baterías además de garantizar el ambiente óptimo de donde se encuentren instalados estos equipos.

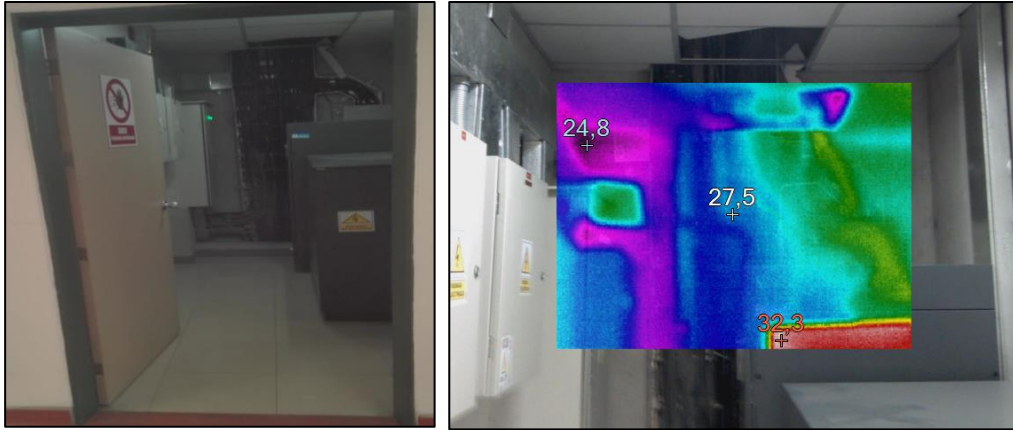


Figura 95: Temperatura del cuarto eléctrico

Fuente: Autor

SR DE 40 KVA:

En esta figura se puede observar la entrada de voltaje y corriente que ingresan en el sistema regulados de 40 KVA que ingresan al rectificador.

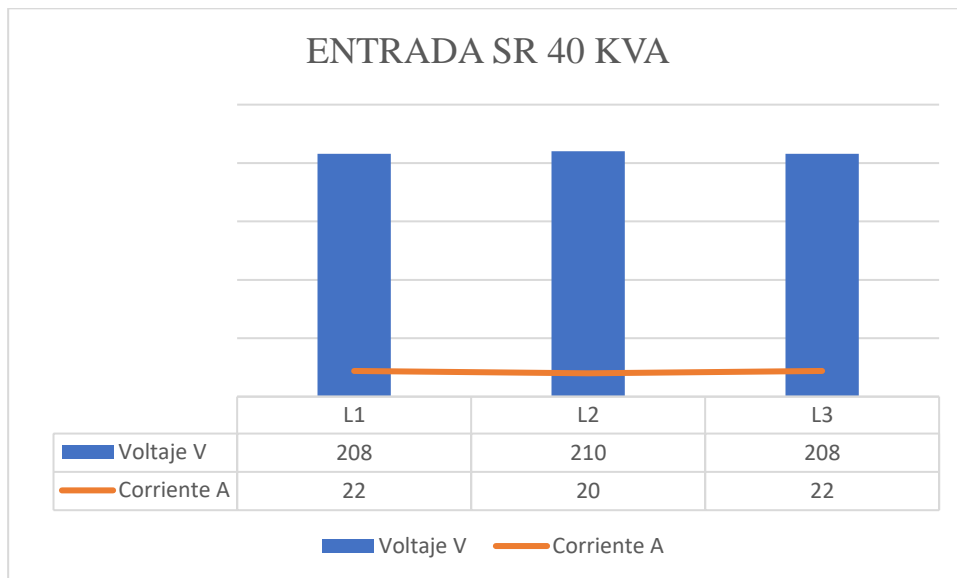


Figura 96: Valores del SR tensión y corriente.

Fuente: Autor

En esta imagen se puede observar la salida de voltaje y corriente que salen del inversor además de la carga que se está suministrando en cada línea de salida.

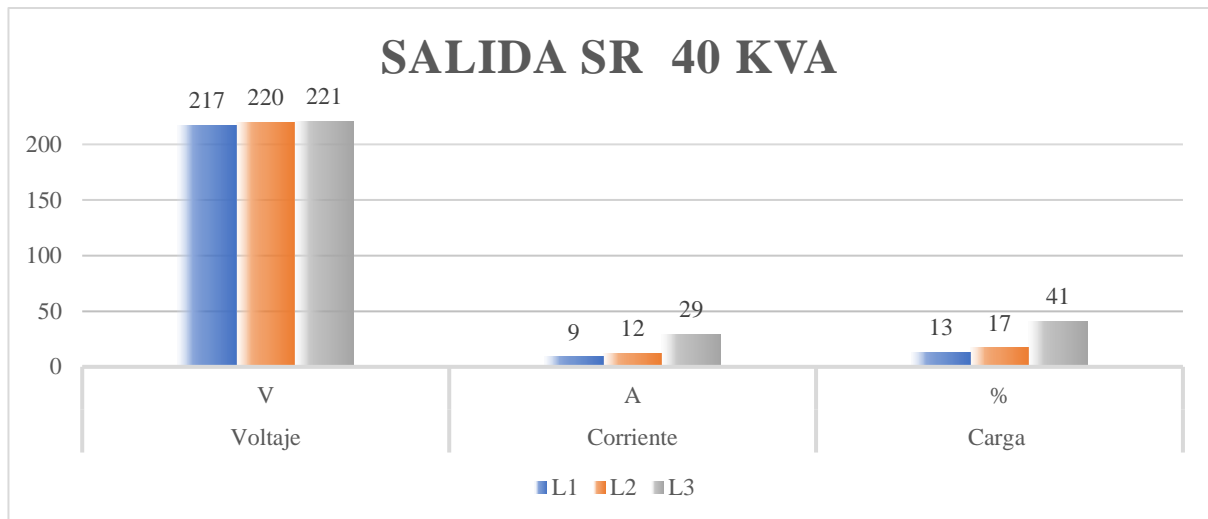


Figura 97: Valores del SR de tensión y corriente.

Fuente: Autor

Los transformadores que utiliza el SR de 40KVA para su funcionamiento en este caso tenemos un transformador elevador y un transformador reductor con la misma potencia de 40KVA. Estos transformadores son de tipo seco, y utilizan el aire del ambiente para su refrigeración. Además que este tipo de transformadores requiere mantenimiento mínimo son confiables y de larga duración estos transformadores son utilizados en edificaciones cercanos a la carga, como también tienen una vida útil de aproximadamente 20 años antes de fallar , estos transformadores producen calor que se disipa con el ambiente pero al estar junto al SR de 40 KVA que produce igualmente calor, todo en el mismo cuarto esto produce una subida de temperatura al no tener aire acondicionado o un sistema de ventilación el cuarto tiene una temperatura de 30° C incumpliendo con la INEN 19:2001 en donde se indica que la ventilación es importante por los gases que puede producir las baterías además de no garantizar el ambiente óptimo de donde se encuentren instalados estos equipos..

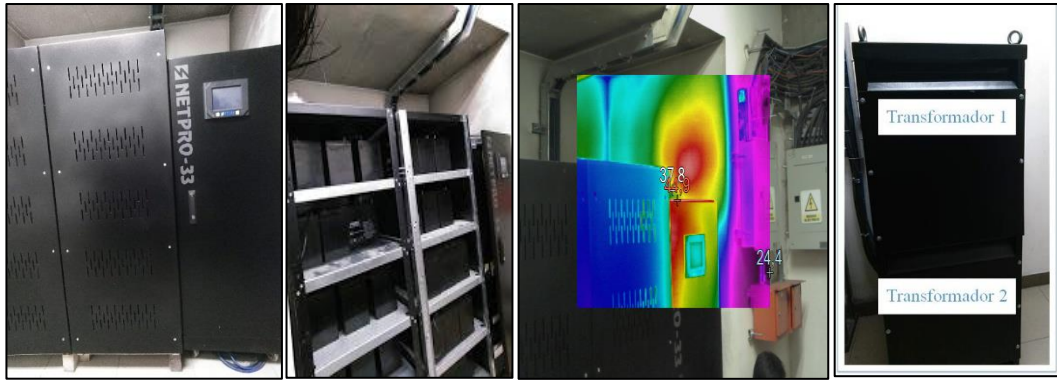


Figura 98: Cuarto eléctrico SR de 40KVA

Fuente: Autor

SR DE 10 KVA:

En esta figura se puede observar la entrada de voltaje y corriente que ingresan en el sistema regulados de 10 KVA que ingresan al rectificador.

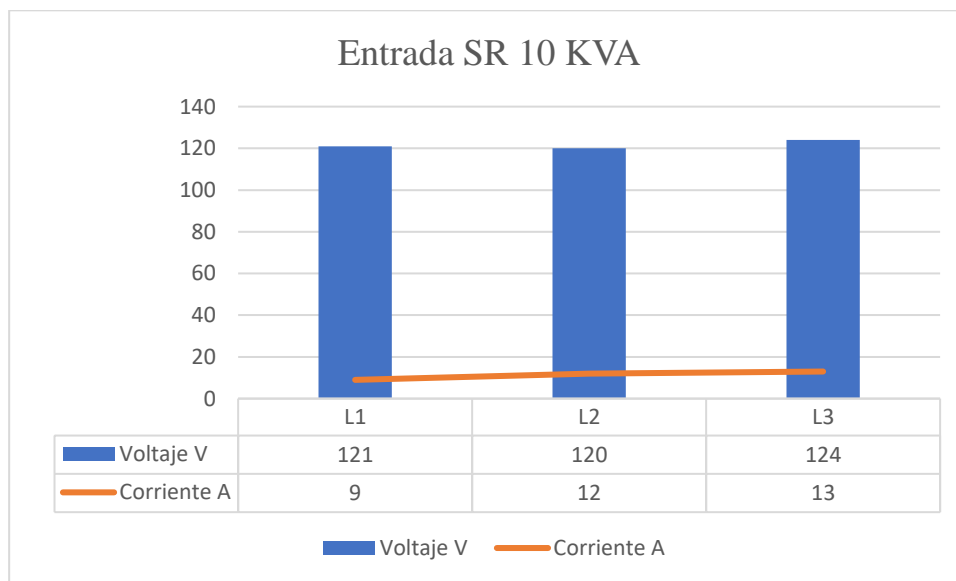


Figura 99: Valores de entrada SR 10kVA de tensión y corriente.

Fuente: Autor

En esta imagen se puede observar la salida de voltaje y corriente que salen del inversor además de la carga que se está suministrando en cada línea de salida.

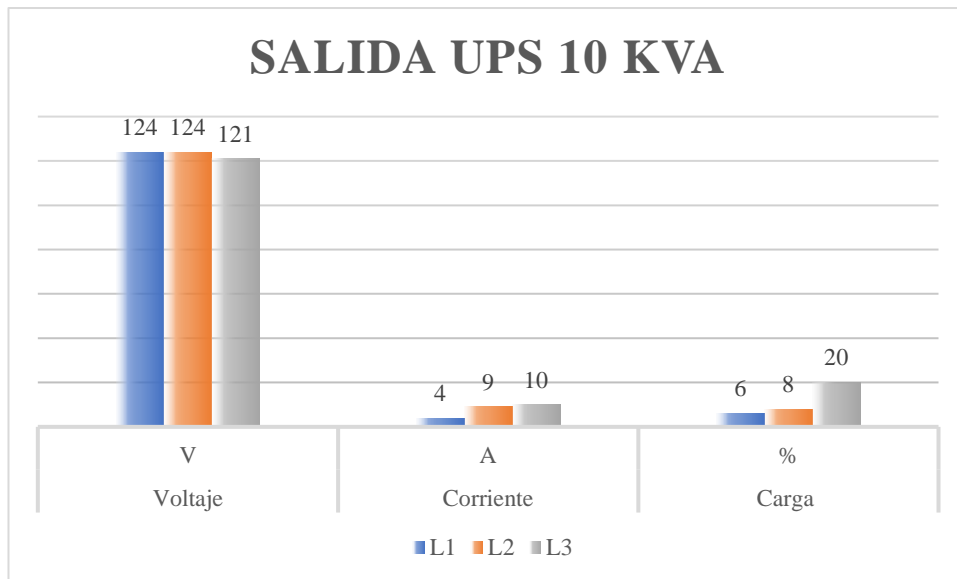


Figura 100: Valores de salida SR 10kVA.

Fuente: Autor

La temperatura del cuarto eléctrico en donde se encuentra este equipo no tiene ventilación, pero al ser un equipo pequeño en un espacio considerable la temperatura se mantiene constante a 22 °C, cumpliendo con la INEN 19:2001 en donde se indica que la ventilación es importante por los gases que puede producir las baterías además de garantizar el ambiente óptimo de donde se encuentren instalados estos equipos.



Figura 101: Baterías SR 10kVA baterías hinchadas.

Fuente: Autor

SR DE 15 KVA:

En esta figura se puede observar la entrada de voltaje y corriente que ingresan en el sistema regulados de 40 KVA que ingresan al rectificador.

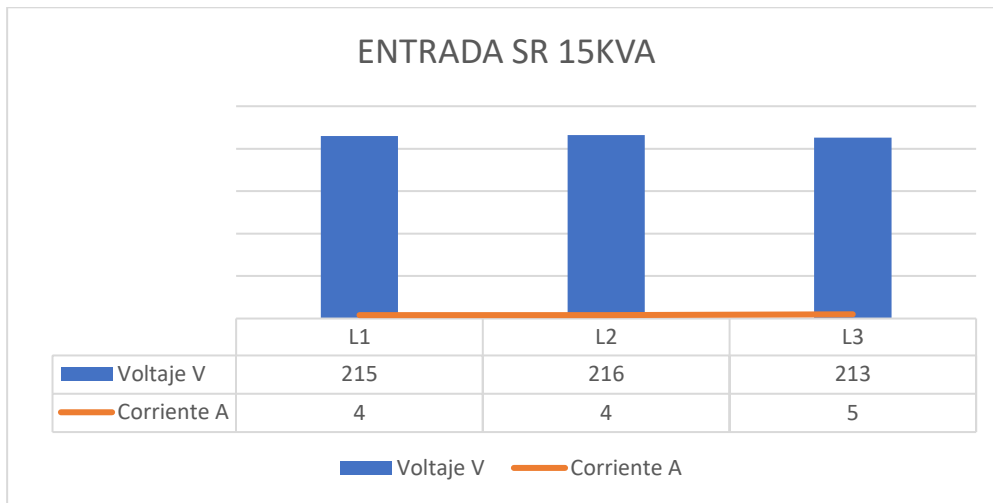


Figura 102: Valores de entrada SR 15kVA tensión y corriente.

Fuente: Autor

En esta imagen se puede observar la salida de voltaje y corriente que salen del inversor además de la carga que se está suministrando en cada línea de salida.

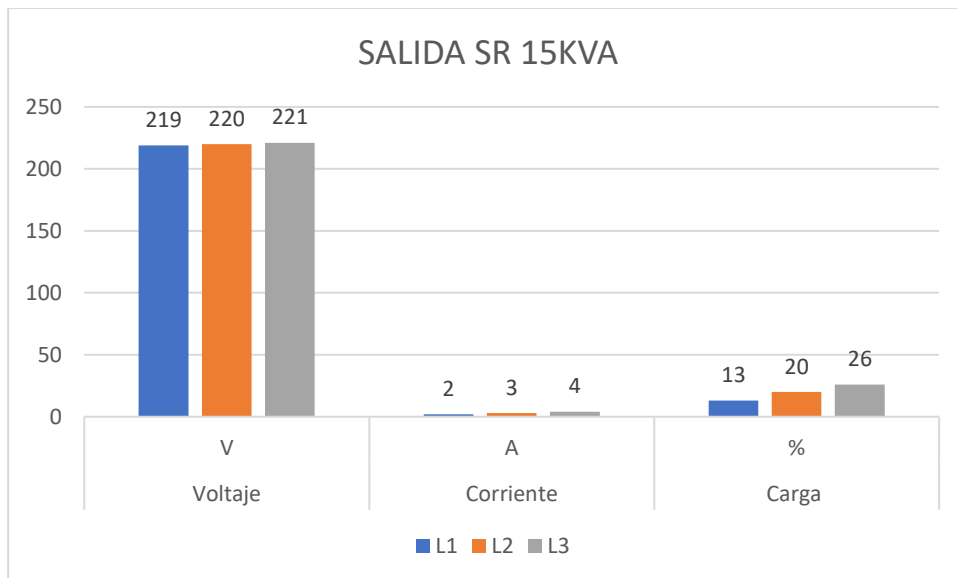


Figura 103: Valores de salida SR 15kVA tensión y corriente.

Fuente: Autor



Figura 104: Armario de baterías

Fuente: Autor

Anexo 11: Conexión del pozo de revisión 1,2 y 3 del SPT del HGONA.

Aquí se puede ver cómo está conectado el pozo 1 y 2 además de la medición del pozo 3 del sistema de puesta a tierra.

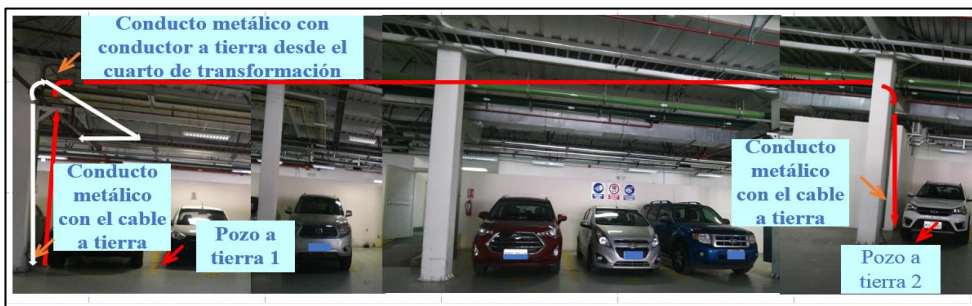


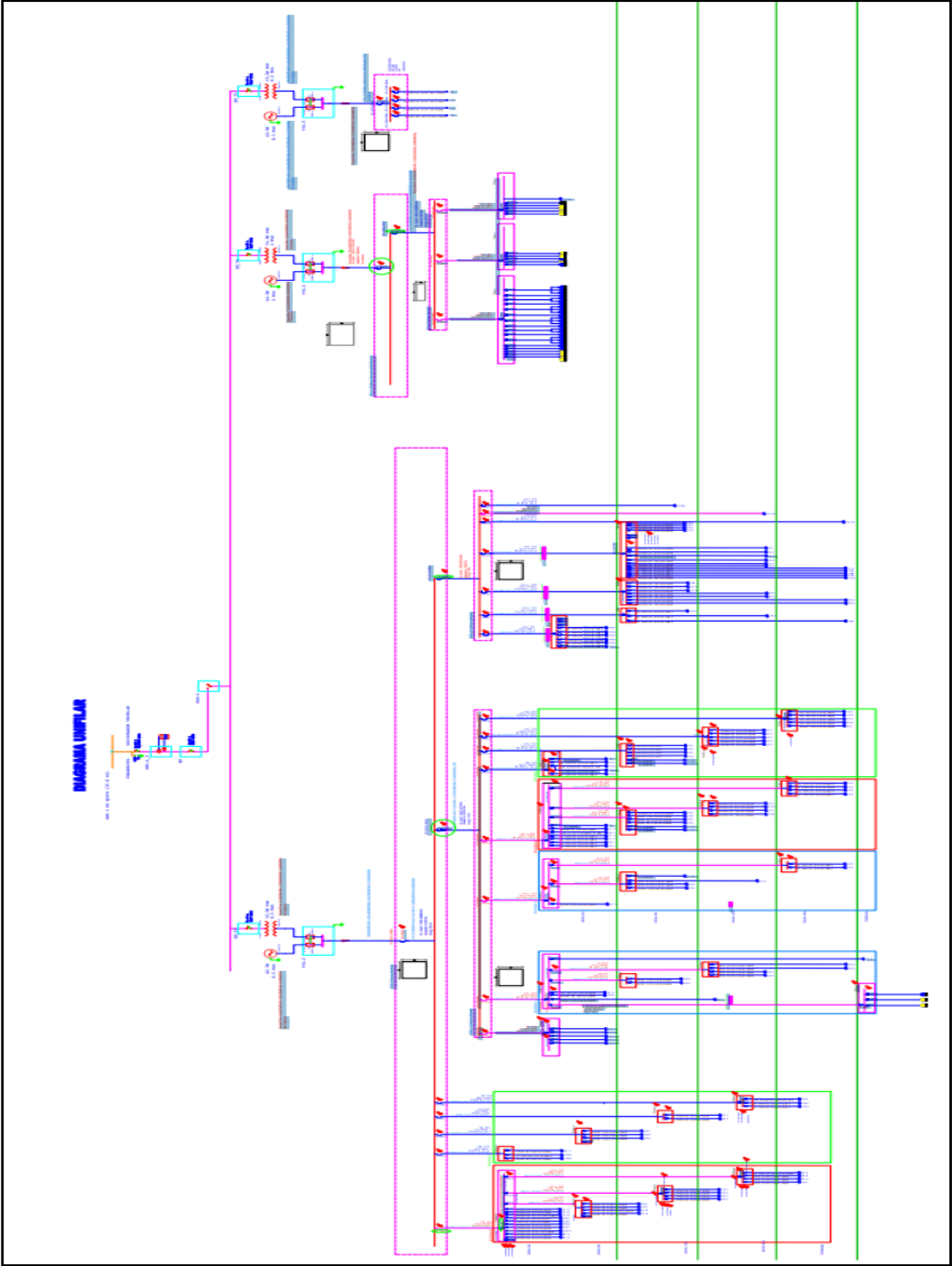
Figura 105: Ubicación del pozo 1 y 2



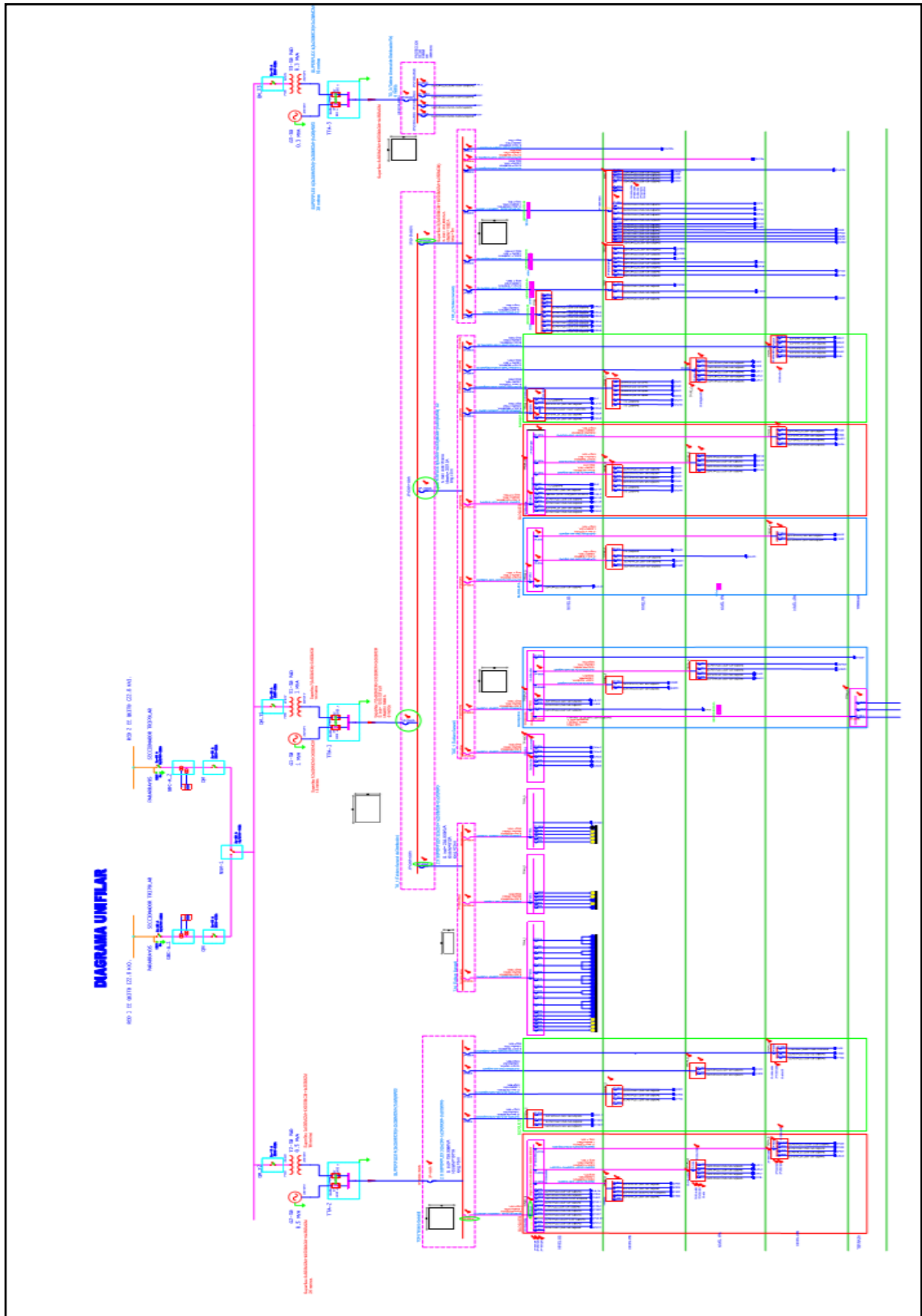
Figura 106: Medición del pozo 3. De izquierda a derecha se observa: (a) la ubicación del pozo en el parqueadero. (b) El pozo abierto. (c) La conexión para medir la resistencia. (d) La medición con el equipo.

Anexo 13: Pla unifilar con la reconfiguración de cargas.

Plano unifilar actual en donde se evidencia que el sistema de 1000kVA abastece a la mayoría de carga del hospital.



Plano unifilar donde se reorganizan las cargas resistivas, reguladas estas van al sistema de 500kVA, dejando al sistema de 1000kVA con las cargas inductivas de los aires acondicionados.



Anexo 14: Autorización del HGONA, para la realización de la tesis propuesta.



Ministerio de Salud Pública
Hospital Gineco Obstétrico Pedlátrico de Nueva Aurora Luz Elena Arismendi

Memorando Nro. MSP-CZ9-HGONA-2021-1744-M

Quito, D.M., 05 de julio de 2021

PARA: Sr. Ing. Lenin Marcelo Freire Sanchez
Responsable de Mantenimiento

ASUNTO: Autorización de ejecución del proyecto de investigación del estudiante de ingeniería eléctrica Piguave Sanchez Michael Geovanny

De mi consideración:

Estimado ingeniero reciba un cordial saludo, en respuesta a la solicitud enviada el 8 de junio del 2021, en la cual, el señor Piguave Sánchez Michael Geovanny estudiante de la carrera de ingeniería eléctrica de la Universidad Politécnica Salesiana, solicita llevar a cabo el proyecto "Análisis de los sistemas regulados usando captura de datos para mejorar la eficacia energética y diseño de un nuevo sistema para neonatología en el Hospital Gineco Obstétrico de Nueva Aurora Luz Elena Arismendi". Tengo a bien comunicar que luego de la revisión de requisitos, además de contar con su aprobación de viabilidad, el departamento de Docencia e investigación así como nuestra institución, no tiene objeción en dar paso a este trabajo de titulación

Con sentimientos de distinguida consideración.

Atentamente,

Documento firmado electrónicamente

Mgs. Victor Oswaldo Jarrin Garzon
GERENTE HOSPITAL GINECO OBSTÉTRICO PEDIÁTRICO DE NUEVA AURORA LUZ ELENA ARISMENDI (E)

Copia:

Sr. Espc. Byron Amable Quínche Farinango
Coordinador de la Unidad de Docencia e Investigación

Sra. Espc. Maria Fernanda Pazmito Miranda
Médico Especialista en Ginecología 1

bq/rc



Firmado electrónicamente por:
VICTOR OSWALDO
JARRIN GARZON

Dirección: Av. Quitumbe ñan y Condor ñan, Código Postal: 170701 / Quito Ecuador
Teléfono: 593-2-3948940 ext-4103 - www.salud.gob.ec

* Documento firmado electrónicamente por Quijara

 **Gobierno** | Juntos lo logramos 1/1
del Encuentro