

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE



Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas

Carrera de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico

Propuesta técnica para el mejoramiento de la calidad de energía en las Instalaciones Eléctricas en el Hospital Básico Asdrúbal de la Torre de Cotacachi

Trabajo de grado presentado previo a la obtención del título de grado de Ingeniero en Mantenimiento Eléctrico.

Autor:

Esteban Santiago Cuchala Meneses

Tutor:

Ing. Olger Gilberto Arrellano Bastidas, Msc

Ibarra – Ecuador

2022



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1002792834		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Cuchala Meneses Esteban Santiago		
DIRECCIÓN:	Ibarra, Francisco de Goya y Luis Felipe Borja		
EMAIL:	escuchalam@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	062514290	TELÉFONO MÓVIL:	0998762919

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	PROPUESTA TÉCNICA PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DE ENERGÍA EN LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN EL HOSPITAL BÁSICO ASDRÚBAL DE LA TORRE DE COTACACHI
AUTOR (ES):	Cuchala Meneses Esteban Santiago
FECHA: DD/MM/AAAA	06/10/2022
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero en Mantenimiento Eléctrico
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Olger Gilberto Arellano Bastidas MSc.

2. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de esta y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 17 días del mes de octubre de 2022

EL AUTOR:

(Firma):.....

Nombre: Esteban Santiago Cuchala Meneses

C.C.: 1002792834



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO

Yo, Olger Gilberto Arellano Bastidas en calidad de tutor del señor estudiante Cuchala Meneses Esteban Santiago certifico que ha culminado con las normas establecidas en la elaboración del trabajo de investigación titulado: **"PROPUESTA TÉCNICA PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN EL HOSPITAL BÁSICO ASDRÚBAL DE LA TORRE DE COTACACHI"**.

Para obtención del título de ingeniero en Mantenimiento Eléctrico, aprobado la defensa, impresión y empastado.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Olger Arellano Bastidas', is written over a horizontal dotted line.

MSc. Olger Gilberto Arellano Bastidas
DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO

DEDICATORIA

El presente trabajo de grado se lo dedico a mis padres Elizabeth y Pablo quienes siempre me han inculcado buenos valores y su apoyo incondicional en el transcurso de mi vida. A cada uno de mis hermanos Pablo Fernando, Ricardo José, Sabrina Elizabeth y a mi sobrina Shirley Dominique, por confiar en mí y haberme fomentado el deseo de superación. A mi bebé que viene en camino y es la fuente de inspiración y lucha. A mi mujer Yesenia quién me ha apoyado en los peores momentos y ha sido un pilar fundamental en la obtención de este triunfo personal.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Técnica del Norte, por abrirme las puertas y brindarme una educación de calidad a través de cada uno de los docentes quienes impartieron su cátedra en cada uno de los niveles de la carrera que he cursado. Un agradecimiento muy especial a toda mi familia quienes siempre me han apoyado en el transcurso de mi vida, en especial a mis padres, hermanos y mi mujer por ser los pilares fundamentales en mi vida. Agradezco también, a mi director de trabajo de grado al Ing. Msc. Olger Arellano quién siempre estuvo disponible para resolver cualquier inquietud que se presentó a lo largo del desarrollo del presente trabajo de grado. A las personas que me dieron la apertura a las instalaciones del hospital para la realización del trabajo de grado.

TABLA DE CONTENIDO

PORTADA	i
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTOS	vi
TABLA DE CONTENIDO.....	vii
INDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	x
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xi
RESUMEN.	xii
ABSTRACT	xiii
INTRODUCCIÓN	xiv
PROBLEMA	xv
FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	xvi
OBJETIVOS	xvi
Objetivo General	xvi
Objetivos Específicos	xvi
CAPITULO I	17
DESCRIPCIÓN DE PARÁMETROS DE CALIDAD DE LA ENERGÍA.....	17
1.1. Sistemas eléctricos para hospitales	17
1.2. Calidad de energía.....	18
1.3. Importancia de la calidad de la energía eléctrica.....	18
1.4. Defectos de la calidad de la energía eléctrica	19
1.4.1. Distorsión armónica (THD).....	19
1.4.2. Muecas (Notching)	20
1.4.3. Ruido	20
1.4.4. DC (Offset).....	21
1.4.5. Variaciones de voltaje	22
1.4.6. Interrupciones	25
1.4.8. Factor de desplazamiento.	27
1.5. Acciones de mejoramiento	32
1.5.1. Métodos para mitigar armónicos.	32
1.5.2. Conductores.....	32
1.5.3. Transformadores.....	33
1.5.4. Factor k.....	33
1.5.5. Sobredimensionamiento de equipos.	33
1.5.6. Capacitores.....	33
1.5.7. Motores.....	33

1.6.	Corrección de flicker.	34
1.7.	Corrección de factor de potencia.....	34
1.7.1.	Compensación centralizada.	34
1.7.2.	Compensación de potencia reactiva.	34
1.7.3.	Puesta a Tierra.	35
CAPITULO II		36
DIAGNÓSTICO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS Y ANALISIS DE CALIDAD DE ENERGÍA.....		36
2.1.	Descripción del lugar de estudio	36
2.2.	Metodología	37
2.2.1.	Visitas técnicas In situ.....	39
2.2.2.	Levantamiento de Información técnica del hospital	39
2.2.3.	Diagrama unifilar	39
2.2.4.	Diagnóstico de las instalaciones eléctricas	40
2.3.	Mediciones y análisis de calidad de energía transformador N.º 5098..	61
2.3.1.	Datos referenciales del transformador de 100kVA	61
2.3.2.	Perfil de voltaje actual	62
2.3.3.	Corrientes del transformador.....	63
2.3.4.	Análisis de THDv	65
2.3.5.	Flicker	67
2.3.6.	Potencias aparentes por fase del transformador	69
CAPITULO III		71
PROPUESTA TÉCNICA.....		71
3.1.	Introducción	71
3.2.	Balance de cargas	71
3.3.	Diagrama unifilar	76
3.4.	Sistema de puesta a tierra	76
3.5.	Niveles de Iluminación	82
3.6.	Tablero de alimentación y grupo electrógeno.....	85
3.7.	Resumen de soluciones mediante la propuesta técnica	86
Conclusiones.....		88
Recomendaciones.....		89
REFERENCIAS.....		90
ANEXOS		94

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Límites para el índice de nivel de Voltaje	24
Tabla 2.	Datos referenciales del Hospital Básico Asdrúbal de la Torre de Cotacachi.....	37
Tabla 3.	Cuadro de Circuitos y protecciones.....	45
Tabla 4.	Calibres de conductores	58
Tabla 5.	Características del generador de emergencia	60
Tabla 6.	Datos referenciales del transformador N.º 5098.....	61
Tabla 7.	Registro de corrientes	64
Tabla 8.	Registro de eventos SURGE y DIP	68
Tabla 9.	Potencia Aparente Máxima por Fase	70
Tabla 10.	Balance de cargas	72
Tabla 11.	Niveles de iluminación Hospital Asdrúbal de la Torre de Cotacachi	83
Tabla 12.	Resumen de soluciones propuesta técnica	87

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Distorsión Armónica	19
Figura 2.	Muestras (Notching)	20
Figura 3.	Ruido	21
Figura 4.	DC (Offset).....	22
Figura 5.	SAGS.....	23
Figura 6.	SWELLS	24
Figura 7.	Triángulo de Potencias	26
Figura 8.	Variación de la tensión debido al efecto Flicker.....	27
Figura 9.	Transitorio.....	28
Figura 10.	Transitorio Impulsivo.....	30
Figura 11.	Transitorios Oscilatorios.....	31
Figura 12.	Transitorio Oscilatorio baja frecuencia por energización de capacitores.	32
Figura 13.	Ubicación geográfica Hospital Básico Asdrúbal de la Torre de Cotacachi.....	36
Figura 14.	Diagrama unifilar tablero 2	40
Figura 15.	Analizador de redes Fluke modelo 1744	40
Figura 16.	Pinza Amperimétrica modelo DCM266.....	41
Figura 17.	Transformador de alimentación 100kVA	42
Figura 18.	Acometida aérea.....	42
Figura 19.	Acometida transformador 45 kVA.....	43
Figura 20.	Tablero de alimentación Principal	44
Figura 21.	Cables a la intemperie	58
Figura 22.	Tablero del sistema de transferencia automática	59
Figura 23.	Generador de emergencia	60
Figura 24.	Diagrama unifilar propuesta	76
Figura 25.	Mapa geológico del cantón Cotacachi.....	77
Figura 26.	Diseño malla puesta a tierra.....	81
Figura 27.	Toma de datos luxómetro serie TM-204.....	82
Figura 28.	Tablero de alimentación principal.....	85
Figura 29.	Generador trifásico 12kVA	86

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Perfil de voltaje actual	62
Gráfico 2. Voltaje de Línea	62
Gráfico 3. Corrientes del transformador.....	63
Gráfico 4. Distorsión armónica total de voltaje.....	65
Gráfico 5. Armónico Individual tercero.....	66
Gráfico 6. Armónico Individual quinto	66
Gráfico 7. Flicker	67
Gráfico 8. Potencias aparente por fase del transformador.....	69
Gráfico 9. Potencia aparente total del transformador.....	69

PROPUESTA TÉCNICA PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DE ENERGÍA DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN EL HOSPITAL BÁSICO ASDRÚBAL DE LA TORRE DE COTACACHI

Esteban Santiago Cuchala Meneses

RESUMEN

En el sector eléctrico, las instituciones de salud destacan como consumidores de alta demanda energética, ya que deben funcionar permanentemente para poder cumplir con la finalidad para la cual están diseñados. El Hospital Básico Asdrúbal de la Torre de Cotacachi es una institución pública de salud, en donde la afluencia de usuarios se ha incrementado paulatinamente a lo largo de su vida institucional, sumado a la pandemia (Covid-19), que en atravesó el mundo, así como también ha incrementado su equipamiento médico, adecuación de espacios físicos necesarios para la atención médica requerida por los usuarios. Para obtener información base se realizó una revisión bibliográfica para describir los parámetros, acciones y normativas enfocadas al mejoramiento de la calidad de energía en las instalaciones eléctricas del hospital. Se realizó el diagnóstico de las instalaciones eléctricas internas del hospital utilizando el analizador de redes eléctricas modelo Fluke 1744 para obtener registro de mediciones en tiempo real de los parámetros eléctricos, así como el levantamiento del estado actual del sistema eléctrico interno del hospital mediante visitas técnicas in situ. Los principales resultados indican que existen dos transformadores de 45kVA y 100 kVA que suministran energía al hospital, uno de ellos (trafo 45kVA), se utiliza para rayos x, el cual se toma como una carga puntal, ya que no está en uso constantemente y el otro transformador de 100kVA es quien alimenta al hospital en general, el mismo que presenta desbalance de carga en sus tres fases. Por otra parte, los parámetros como niveles de voltaje, perturbaciones, flicker, presentaron valores que están dentro de los límites permisibles de acuerdo con la regulación vigente del ARCERNNR 002/20. Por lo tanto, se debe repartir las cargas de forma equivalente entre las tres fases y de esta manera evitar la sobrecarga de una sola de las fases del transformador que alimenta al sistema eléctrico interno. Se concluye que existe una buena gestión del personal técnico, sin embargo, es posible mejorar la eficiencia mediante una planificación adecuada de las cargas del hospital. Es importante considerar que la cargabilidad del transformador de 100kVA es del 43,97% por lo tanto, se debe planificar el incremento de la demanda energética futura para que se pueda utilizar el porcentaje restante.

Palabras clave: Sistema eléctrico, calidad de energía, transformador, cargabilidad, ARCERNNR 002/20.

TECHNICAL PROPOSAL FOR THE IMPROVEMENT OF THE ENERGY QUALITY OF THE ELECTRICAL INSTALLATIONS IN ASDRÚBAL DE LA TORRE BASIC HOSPITAL OF COTACACHI

Esteban Santiago Cuchala Meneses

ABSTRACT

In the electricity sector, health institutions stand out as consumers of high energy demand, since they must work permanently in order to fulfill the purpose for which they are designed. The Asdrubal de la Torre de Cotacachi Basic Hospital is a public health institution, where the influx of users has increased gradually throughout its institutional life, added to the pandemic (Covid-19), which has swept the world, as well as it has increased its medical equipment, adaptation of physical spaces necessary for the medical care required by users. To obtain basic information, a bibliographic review was carried out to describe the parameters, actions and regulations focused on improving the quality of energy in the electrical installations of the hospital. The diagnosis of the internal electrical installations of the hospital was carried out using the Fluke 1744 model electrical network analyzer to obtain a record of real-time measurements of the electrical parameters, as well as the survey of the current state of the internal electrical system of the hospital through technical visits in if you. The main results indicate that there are two transformers of 45kVA and 100 kVA that supply energy to the hospital, one of them (45kVA transformer), is used for x-rays, which is taken as a point load, since it is not in constant use and the other 100kVA transformer is the one that feeds the hospital in general, the same one that presents load imbalance in its three phases. On the other hand, the parameters such as voltage levels, disturbances, flicker, presented values that are within the permissible limits in accordance with the current regulation of ARCERNNR 002/20. Therefore, the loads must be shared equally among the three phases and in this way avoid overloading only one of the phases of the transformer that feeds the internal electrical system. It is concluded that there is good management of technical staff, however, it is possible to improve efficiency through proper planning of hospital loads. It is important to consider that the chargeability of the 100kVA transformer is 43.97%, therefore, the increase in future energy demand must be planned so that the remaining percentage can be used.

Keywords: Electrical system, power quality, transformer, chargeability, ARCERNNR 002/20.

INTRODUCCIÓN

Mediante Resolución No. ARCERNNR-017/2020 se expidió la Regulación No. ARCERNNR 002-20, «Calidad del servicio de distribución y comercialización de energía eléctrica», misma que establece los indicadores, índices y límites de calidad del servicio de distribución y comercialización de energía eléctrica; y, definir los procedimientos de medición, registro y evaluación a ser cumplidos por las empresas eléctricas de distribución y consumidores, según corresponda. (Regulacion No. ARCERNNR 002/20, 2020).

En el sector eléctrico, las instituciones de salud destacan como consumidores de moderada demanda energética, ya que deben funcionar permanentemente para poder cumplir con la finalidad para la cual están creadas, por lo tanto, de acuerdo con el pliego tarifario para las empresas eléctricas distribuidoras, el hospital entra en la categoría de entidades de asistencia social. La estructura compleja y la gran gama de equipos especiales con los que cuentan los hospitales, han provocado un creciente consumo de energía y por lo tanto una consecuente preocupación por encontrar el uso eficiente de la energía y una buena calidad del suministro de energía en las instituciones. (Guamán Montalván & Huilca Cabay, 2017)

(Peláez Samaniego & Espinoza Abad, 2015), menciona que se entiende por eficiencia energética a todos aquellos cambios que conducen a una reducción de la energía utilizada para generar un servicio energético dado o mejor calidad de suministro de energía (calefacción, iluminación, etc.).

“La calidad eléctrica es un indicador del nivel de adecuación de la instalación para garantizar y soportar que el funcionamiento de sus cargas sea viable. Cuando se habla de calidad de la energía eléctrica, se hace referencia, tanto a la calidad de las señales de tensión y corriente, como a la confiabilidad del servicio de energía eléctrica. Es importante realizar un análisis de calidad de energía por seguridad, ahorro de costos energéticos, mayor precisión en la factura eléctrica y solución de problemas. Previo a la incorporación de una nueva carga eléctrica a un panel existente, se debe realizar un estudio de carga para determinar si se cuenta con la capacidad suficiente para hacerlo”. (IMPROSELEC S.A, 2020)

Mientras que (Céspedes Molano, 2007), menciona que la calidad de energía es un término que hace referencia a aquellos parámetros eléctricos óptimos que debe tener el suministro de energía en las instalaciones eléctricas, en términos de valores aceptables para la tensión o voltaje, potencia activa, potencia reactiva, factor de potencia, entre otros.

En el país se han realizado estudios de calidad de energía eléctrica a industrias, así como también a hospitales dentro de los cuales se puede mencionar el Hospital Sagrado Corazón de Jesús del cantón Quevedo, Hospital Luis Vernaza de Guayaquil, entre otros, obteniendo como resultado los problemas eléctricos que afectan la calidad de energía eléctrica en estas instituciones. (Chuquín Potosí, 2019).

El Hospital Básico Asdrúbal de la Torre de Cotacachi es una institución de salud pública que se ha visto en la necesidad de modificar sus instalaciones para poder cubrir con la demanda de pacientes a lo largo de su vida institucional, y en el transcurso de la pandemia que vivimos actualmente.

En el marco de modificaciones a las instalaciones eléctricas del Hospital, también ha realizado alteraciones en su configuración, como es el caso de la alimentación principal que proviene de un transformador de 100 kVA, el cual se encuentra montado sobre un poste que se localiza en los predios del hospital; dicha alimentación principal era soterrada y en la actualidad es aérea debido a inconvenientes de saturación de agua en las cajas de revisión y zanjas.

PROBLEMA

Según (Guamán Montalván & Huilca Cabay, 2017) , a lo largo del tiempo de la vida institucional del sector de la salud pública, se ha descuidado el aspecto eléctrico, pese a que el consumo de energía representa un moderado porcentaje de los gastos mensuales que las instituciones de salud cubren para su correcto funcionamiento.

El Hospital Básico Asdrúbal de la Torre de Cotacachi es una institución pública de salud, en donde la afluencia de usuarios se ha incrementado paulatinamente a lo largo de su vida institucional, sumado a la pandemia que se está atravesando en la actualidad (covid-19), y de la misma manera, la institución ha incrementado equipamiento médico, así como la adecuación de espacios físicos necesarios para la atención médica requerida por los usuarios.

En este contexto, la situación actual del Hospital Básico Asdrúbal de la Torre de Cotacachi presenta perturbaciones eléctricas que afectan la calidad de la energía en sus instalaciones eléctricas; adicionalmente, debido a los equipos que contienen electrónica de potencia, probablemente ocasionan problemas en la red interna por armónicos, afectando el normal funcionamiento de la institución. Estos parámetros eléctricos influyen

directamente en la vida útil de las instalaciones eléctricas generando riesgo para la vida de los usuarios internos y externos.

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cómo mejorar la calidad de energía en las instalaciones eléctricas del Hospital Básico Asdrúbal de la Torre de Cotacachi, mediante una propuesta técnica?

OBJETIVOS

Objetivo General

Realizar una propuesta técnica para el mejoramiento de la calidad de la energía en las instalaciones eléctricas en el Hospital Básico Asdrúbal de la Torre de Cotacachi mediante un análisis de calidad de energía.

Objetivos Específicos

1. Describir los parámetros, acciones de mejoramiento que inciden en la calidad de energía y normativas.
2. Realizar el diagnóstico de las instalaciones eléctricas y análisis de calidad.
3. Realizar la propuesta técnica para el mejoramiento del funcionamiento de las instalaciones eléctricas en el Hospital Básico Asdrúbal de la Torre de Cotacachi.

CAPITULO I

DESCRIPCIÓN DE PARÁMETROS DE CALIDAD DE LA ENERGÍA

1.1. Sistemas eléctricos para hospitales

Los sistemas eléctricos para hospitales deben establecer dos sistemas independientes, los cuales deben ser de equipamiento médico y el de emergencia.

Para el sistema de equipamiento médico debe alimentar los principales equipos para la atención de los pacientes y el funcionamiento básico del hospital.

El circuito principal, alimenta lo siguiente:

Señales y alumbrado de los medios de salida (evacuación)

Sistemas de alarma y alerta

Sistemas de comunicaciones

Cuartos de Generadores

Los subcircuitos que alimentan las siguientes áreas:

Quirófanos

Neonatología

Farmacia

Laboratorio

Imagenología

Estaciones de enfermeras

Salas de hospitalizaciones

Área de Urgencias

Los sistemas eléctricos para hospitales dependiendo de la extensión de este subdividirá los sistemas eléctricos de acuerdo con sus necesidades.

1.2. Calidad de energía

La definición de calidad de energía es muy extensa, pero se la puede enmarcar en una definición como la ausencia de interrupciones, sobrevoltajes, deformaciones en las ondas de la red producidas por armónicas y variaciones de voltaje suministradas por el usuario. Cabe mencionar que existen niveles que regulan los parámetros antes descritos. (Santillán Montalvo & Rivera Jara, 2015)

Es habitual que existan normas que regulen la calidad de la energía eléctrica en los países y regiones en donde exista el servicio eléctrico (Aguirre Montoya, 2016). En nuestro país el ente Regulador es el ARCERNNR (Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales no Renovables), el cual establece las regulaciones que rigen a lo largo del territorio ecuatoriano.

En el Ecuador la energía eléctrica es un servicio básico, la misma que al ser un bien de consumo debe enmarcarse en una determinada calidad, ya que de lo contrario los equipos que se encuentran conectados a la red presentarían daños. En los derechos del buen vivir de la constitución ecuatoriana en el artículo 15 establece que “El estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto”.

1.3. Importancia de la calidad de la energía eléctrica

Los problemas eléctricos se presentan debido a disturbios de la calidad de energía eléctrica en el suministro. En su gran mayoría se presentan paros o suspensión del servicio, a esta interrupción se encuentra asociado altos costos en industrias, y en hospitales puede causar pérdidas de vidas si no existe un respaldo que abastezca las zonas críticas, por esta razón es importante tener una buena calidad de energía en las instalaciones eléctricas de cualquier institución que brinde un servicio o se encuentre realizando algún proceso industrial.

1.4. Defectos de la calidad de la energía eléctrica

Una fuente de suministro de energía óptima sería aquella que siempre se encuentre disponible y en funcionamiento sin ningún tipo de interrupción, sin embargo, es algo idealizado y en la realidad se encuentra con perturbaciones que afectan la calidad de la energía eléctrica, dentro de las cuales podemos clasificar en:

- Distorsión armónica total e individual
- Variaciones de voltaje
- Interrupciones (Cortes en el suministro)
- Factor de potencia
- Flickers
- Transitorios

1.4.1. *Distorsión armónica (THD)*

“La distorsión armónica de una forma de onda representa el contenido de armónicos que tiene esa señal. THD (distorsión armónica total) cuantifica la distorsión que presenta una forma de onda de tensión o corriente”. (Rodríguez Chogollo, 2012)

Como se puede observar en la Figura 1., los niveles de distorsión armónica son definidos por el espectro completo de frecuencias armónicas, así como también es común utilizar una cantidad más sencilla, esto quiere decir usar una medida del valor efectivo de la Distorsión Armónica Total (TDH) como se muestra.

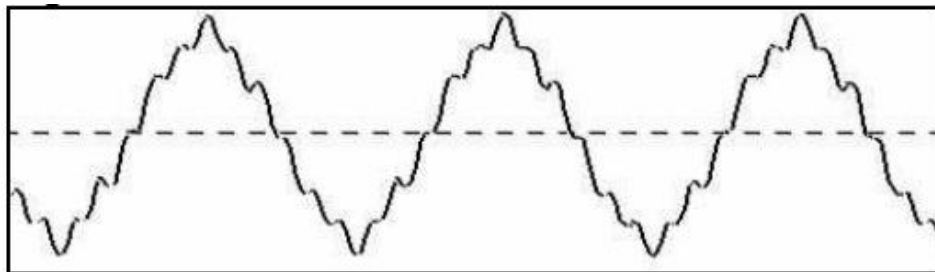


Figura 1. Distorsión Armónica
Fuente: (Vélez Osorio & Peláez Delgado, 2008)

Dentro las armónicas o distorsiones de onda tenemos una pequeña clasificación que son los armónicos pares e impares, siendo las que afectan mayormente a la red los armónicos impares provocando sobrecarga en los cables y transformadores además de empeorar el factor de potencia. (Farinango Estévez, 2020)

1.4.2. **Muecas (Notching)**

Como se puede observar en la Figura 2., se trata de un disturbio periódico de voltaje provocado en período de operación normal de los dispositivos de electrónica de potencia, justo en el instante cuando la corriente cambia de una fase a otra.

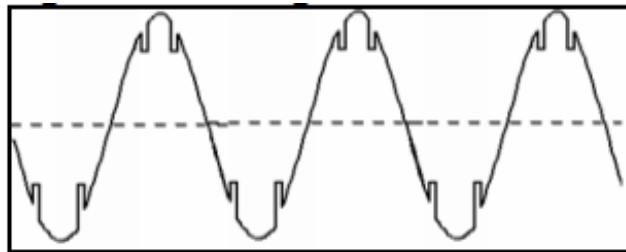


Figura 2. Muecas (Notching)
Fuente: (Vélez Osorio & Peláez Delgado, 2008)

En vista de que los Notching suceden continuamente en cada ciclo de red, las mismas podrían ser representadas a través del espectro armónico de la onda a la cual se está afectando. (Vélez Osorio & Peláez Delgado, 2008)

Este tipo de distorsión son un caso de estudio especial debido a que las componentes en frecuencia que están asociadas a los Notching pueden ser eliminadas, lo que causa dificultad al caracterizarlas con equipos normalmente utilizados para el análisis de armónicos.

1.4.3. **Ruido**

Como se indica en la Figura 3., en toda fluctuación del tipo aleatoria de una magnitud, se admite como ruido a cualquier señal indeseada que cause una perturbación a una señal de interés.

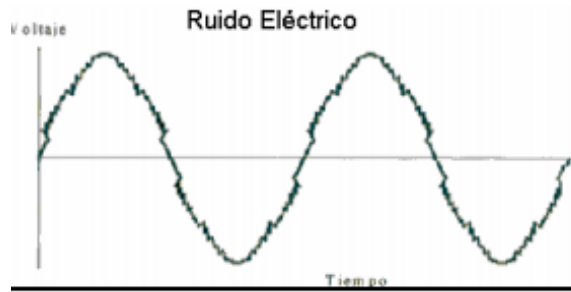


Figura 3. Ruido
Fuente: (Vélez Osorio & Peláez Delgado, 2008)

La característica típica del ruido es que, es imposible de predecir su forma de onda de una manera exacta, se pueden medir magnitudes como el valor eficaz, valor medio, valor pico, etc., pero no se puede determinar con precisión su valor instantáneo. (Rodríguez Chogollo, 2012)

La presencia del ruido es prácticamente inevitable en cualquier sistema eléctrico o electrónico, presentando respuestas erróneas y como consecuencia de esto la degradación del comportamiento e ineficiencia de los sistemas que son afectados.

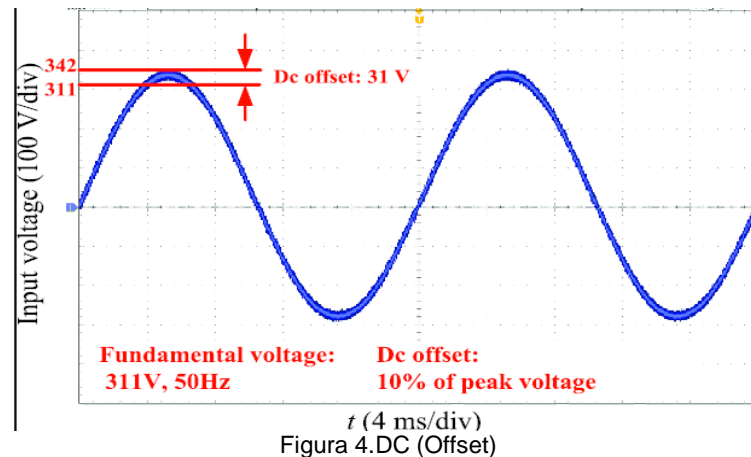
(Vélez Osorio & Peláez Delgado, 2008), menciona que el ruido son señales eléctricas de frecuencia alta las cuales producen efectos indeseables en aquellos circuitos en donde se presentan y puede dividirse en:

- Ruido en Modo Común: Es aquel ruido en voltaje que aparece balanceado y en fase con la corriente de los conductores a tierra.
- Ruido en Modo Transversal: Son aquellas señales de ruido múltiple entre los conductores de potencia activa que alimentan a una carga, pero no entre los conductores de tierra que existen en los circuitos.

1.4.4. **DC (Offset)**

La presencia de voltajes o corrientes DC en sistemas de AC, como se ha mencionado y como su nombre lo indica no es más que la presencia de voltaje o corriente continua, que puede darse por rectificadores de media onda que causa la saturación parcial en los

transformadores y como consecuencia de ello dañar su aislamiento. (Rodríguez Chogollo, 2012)



Fuente: https://www.researchgate.net/figure/Sampled-grid-voltage-with-dc-offset_fig26_310796330

Como se indica en la Figura 4., la distorsión DC Offset en la onda sinusoidal también puede ser “resultado de disturbios geomagnéticos, la corriente directa en redes de corriente alterna puede tener un efecto perjudicial por acople al transformador saturado en operación normal”. (Vélez Osorio & Peláez Delgado, 2008)

1.4.5. Variaciones de voltaje

Cada tipo de variaciones de voltaje puede clasificarse como instantáneo, momentáneo o temporal, esto dependen básicamente de su tiempo de duración. (Vélez Osorio & Peláez Delgado, 2008)

Las variaciones de voltaje de corta duración son por causa de una falla, como por ejemplo la energización de cargas grandes que necesitan de altas corrientes de inicio, intermitencia de conexiones flojas en las líneas del sistema de potencia. Depende de la ubicación de la falla y de las condiciones propias del sistema, la falla puede causar:

- SAGS: Caídas temporales de voltaje

- SWELLS: Elevaciones de Voltaje
- Interrupciones: Pérdida completa de Voltaje

1.4.5.1. Caídas temporales de Voltaje (SAGS)

Las depresiones o denominados SAGS, también son denominados huecos o valles es la reducción entre 0.1 y 0.9 p.u. en el valor RMS del voltaje o corriente con una duración de tiempo de 0.5 ciclo a un minuto. (Calidad de Energía Eléctrica, 2016)

Por lo general se expresa como un porcentaje del voltaje RMS nominal en el momento preciso en el que el voltaje remanente alcanza su valor más bajo. Las consecuencias de esta caída de voltaje dependerán del tipo de carga que se trate.

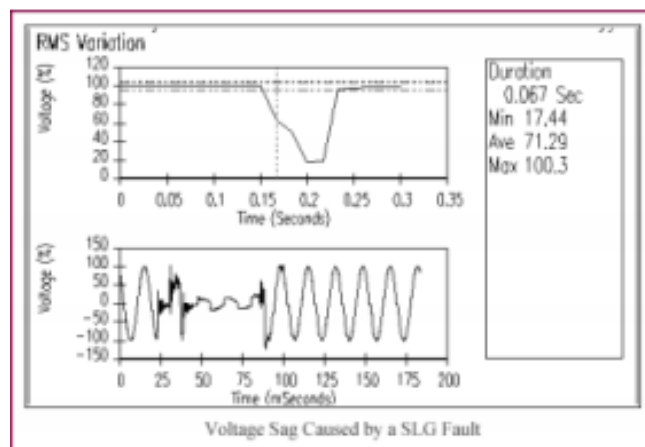


Figura 5.SAGS

Fuente: (Calidad de Energía Eléctrica, 2016)

Como se indica en la Figura 5., los huecos de tensión se pueden evidenciar claramente mediante los equipos de análisis de calidad de energía.

Como se indica en la Tabla 1., los límites que el ARCERNNR estipula en su Regulación No. ARCERNNR 02/20, o sus reformas, para los distintos niveles de voltaje en la que se produzca la caída de voltaje, son los que se puede apreciar.

Tabla 1. Límites para el índice de nivel de Voltaje

Nivel de Voltaje	Variación Admisible
Alto Voltaje (Grupo 1 y Grupo 2)	±5,0%
Medio Voltaje	±6,0%
Bajo Voltaje	±8,0%

Elaborado por: el autor

Fuente: (Regulacion No. ARCERNNR 002/20, 2020)

Las dos principales causas de las caídas de tensión son:

- Puesta en marcha de grandes cargas
- Fallas en otras partes del sistema de distribución

1.4.5.2.Elevaciones de Voltaje (SWELLS)

Es el incremento del valor eficaz del voltaje entre el rango de 1.1 a 1.8 p.u del voltaje normal de funcionamiento del sistema. (Rodríguez Chogollo, 2012)

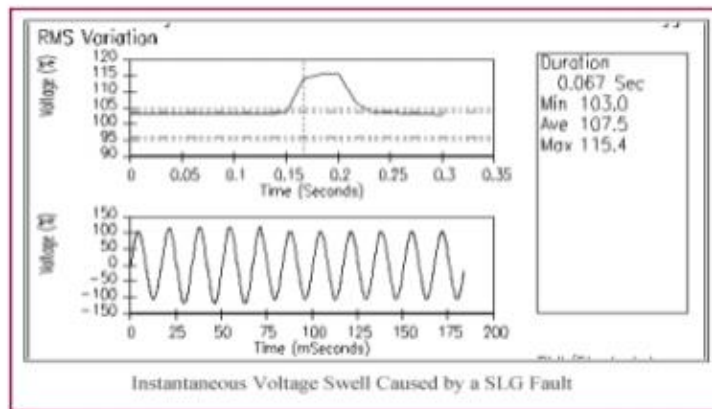


Figura 6.SWELLS

Fuente: (Calidad de Energía Eléctrica, 2016)

(Rodríguez Chogollo, 2012), Como se observa en la Figura 6., Al igual que los Sags, los Swells son usualmente asociados con las condiciones de fallas del sistema y se puede medir con equipos dispuestos para realizar el respectivo análisis de elevaciones del voltaje. “La

duración de estos incrementos de voltaje va desde medio ciclo (8 ms o 10 ms) hasta algunos segundos.” (Vélez Osorio & Peláez Delgado, 2008)

1.4.6. Interrupciones

Se llama interrupción, paralización o suspensión del servicio a la pérdida completa del voltaje que por lo general puede ser tan corta como 30 ciclos hasta durar varias horas y en algunos de los peores casos hasta días. Dichas interrupciones se realizan mediante la operación inducida de los interruptores automáticos del circuito o de los fusibles. (Saucedo Martinez, Taxis Villagran, & Flores Cabrera, 2008)

Las interrupciones podrían clasificarse en prolongadas y temporales o momentáneas. Dependiendo si se trata de una falla o del mantenimiento que se vaya a realizar en una de las diferentes etapas del sistema eléctrico de potencia, puede ser la duración de una interrupción. (Saucedo Martinez, Taxis Villagran, & Flores Cabrera, 2008)

1.4.6.1. Interrupciones prolongadas

Este tipo de perturbación se suelen presentar ordinariamente como el resultado de una falla eléctrica permanente. Las distribuidoras de energía eléctrica diseñan los sistemas de transmisión y distribución de tal manera que aisle la falla permanente y las interrupciones del tipo prolongada resultante producto de la falla, al área más pequeña posible actuando de esta manera las protecciones respectivas al circuito. (Saucedo Martinez, Taxis Villagran, & Flores Cabrera, 2008)

1.4.6.2. Interrupciones momentáneas

Las interrupciones momentáneas vienen dadas por pérdidas temporales totales del voltaje y se origina con frecuencia por la operación de los dispositivos automáticos de protección por sobrecorriente. La mayoría de las fallas eléctricas que se producen en los circuitos de distribución son del tipo temporal o momentánea, al realizar el despeje de la falla de una forma rápida la falla del tipo momentánea puede resolverse sin causar daños en los

conductores del circuito ni al equipo. (Saucedo Martinez, Taxis Villagran, & Flores Cabrera, 2008)

Dentro de las regulaciones que rigen a nuestro país las interrupciones también tienen un papel importante, ya que se mide con qué frecuencia ocurre cada tipo de falla, se lleva un registro estadístico y de esta forma se puede observar las consecuencias que conlleva una interrupción del tipo que fuera, lo que se traduce en pérdidas económicas.

1.4.7. Factor de potencia y triángulo de potencia

El ángulo que forman entre sí los fasores de la corriente y el voltaje, define el factor de potencia y será igual al $\cos \phi$, o como el coseno del ángulo que forman dichos fasores. (Rodríguez Chogllo, 2012)

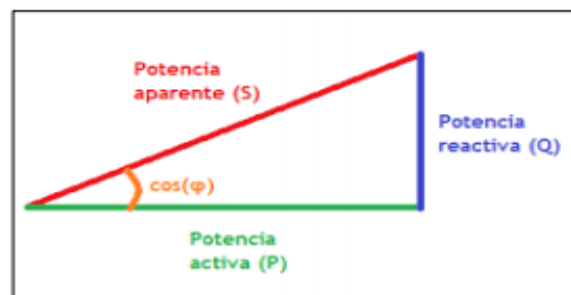


Figura 7. Triángulo de Potencias
Fuente: Alcasur S.L

En la Figura 7., se indica el triángulo de potencias en donde el factor de potencia es la relación del coseno en entre la potencia activa (P) para la potencia Aparente (S). Haciendo un análisis rápido de la figura la potencia reactiva (que por cierto es perjudicial para los sistemas eléctricos, ya que hace circular mayor intensidad de la que se necesita para el trabajo útil demandado), es inversamente proporcional al factor de potencia. De esta manera se entiende de que mientras más bajo sea el factor de potencia, será mayor el valor de la potencia reactiva (Q). (Rodríguez Chogllo, 2012)

De acuerdo con las regulaciones por parte del ARCERNNR, en el Ecuador el bajo factor de potencia es penalizado mediante multas a los consumidores que presenten inconvenientes de este tipo, para que exista un bajo factor de potencia debe registrar un medio mensual inferior a 0,92. (Regulacion No. ARCERNNR 002/20, 2020)

1.4.8. Factor de desplazamiento.

“La relación entre la potencia activa total consumida por una carga alimentada por un generador de tensión senoidal y la potencia aparente suministrada por las componentes fundamentales de tensión y corriente”.

1.4.9. Flickers

El flicker es un disturbio en la amplitud de la onda de voltaje del tipo conducido no simétrico, cuya principal característica es el cambio de intensidad del brillo de las lámparas incandescentes, y como consecuencia la molestia visual del usuario. (Aguirre Montoya, 2016)

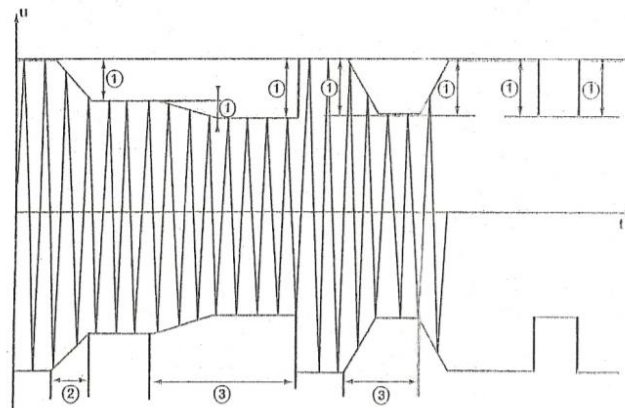


Figura 8. Variación de la tensión debido al efecto Flicker
Fuente: (Harper, 2006)

La forma en que este disturbio afecta a los usuarios dependerá básicamente del sistema de iluminación, así como también la naturaleza de la perturbación y del propio usuario. (Cidrás & Carrillo, 2017)

El criterio de medición permite conocer el nivel de sensación que podría experimentar el observador, el flickermetro proporciona la medida en unidades de perceptibilidad y el límite de admisión es 1. (Mora Flórez, 2002)

En otras palabras, el flicker se considera una sensación de modo subjetivo visual del observador sometidos a las fluctuaciones de la intensidad de la iluminación, que varía entre 3.4 a 3.8 veces la variación del voltaje. (Aguirre Montoya, 2016)

En general las fluctuaciones de voltaje generadas por cargas causan de disturbios tienen características que son variables en el tiempo y por ende es necesario fijar un periodo de observación significativo y evaluar de una forma estadística la variación de la sensación instantánea en el mismo periodo de tiempo. (Aguirre Montoya, 2016)

1.4.10. Transitorios

El término transitorio es un fenómeno que hace referencia al cambio de una señal que desaparece durante la transición de una condición en operación de estado estable a otro como se puede observar en la Figura 8. (Vélez Osorio & Peláez Delgado, 2008)

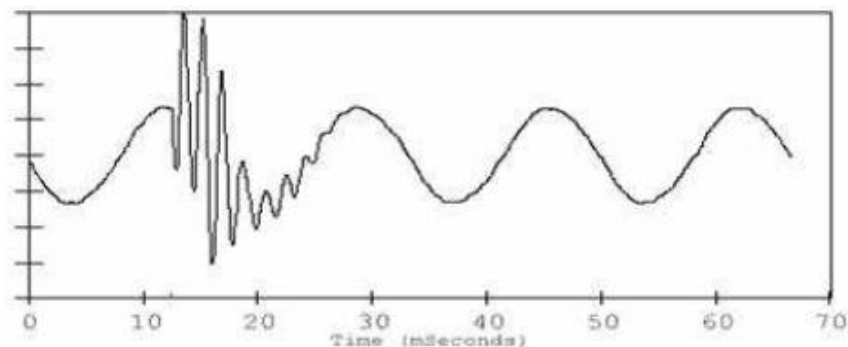


Figura 9. Transitorio

Fuente: (Vélez Osorio & Peláez Delgado, 2008)

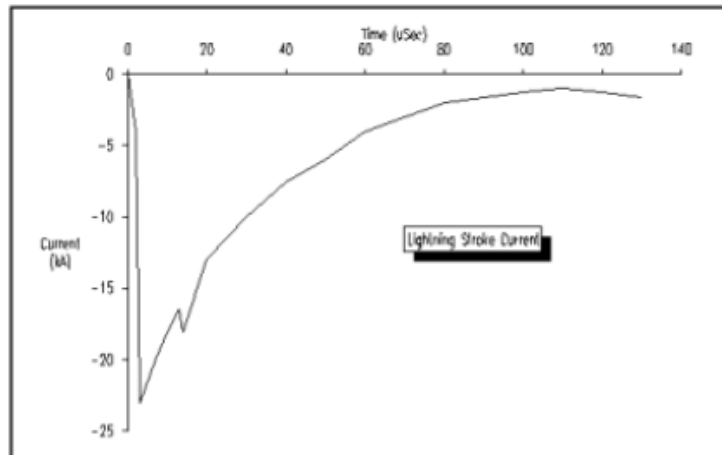
“Se llama régimen transitorio, o solamente "transitorio", a aquella respuesta de un circuito eléctrico que se extingue en el tiempo, en contraposición al régimen permanente, que es la respuesta que permanece constante hasta que se varía bien el circuito o bien la excitación del mismo”. (Wikipedia, 2020)

Existen algunos métodos para la detección de transitorios entre los cuales se puede mencionar:

- Método de comparación: El transitorio se manifiesta cuando un umbral fijo y absoluto es sobrepasado. (Vélez Osorio & Peláez Delgado, 2008)
- Método envolvente: Se puede decir que es similar al anterior método antes expuesto, pero con la señal fundamental removida o desfasada. (Vélez Osorio & Peláez Delgado, 2008)
- Método de ventana deslizante: Se hace una comparación del valor instantáneo con el valor correspondiente al ciclo anterior, si ellos difieren por un umbral de tiempo y amplitud, se detecta el transitorio que se ha producido en la red. (Vélez Osorio & Peláez Delgado, 2008)
- Método dv/dt : Este método es cuando un umbral fijo y absoluto de dv/dt es sobrepasado, por lo tanto, el transitorio es detectado. (Vélez Osorio & Peláez Delgado, 2008)
- Valor RMS: al usar grandes velocidades de muestreo, el valor RMS es calculado para intervalos mucho menores a un período fundamental comparado con un umbral, de igual manera si es sobrepasado es detectado el transitorio. (Vélez Osorio & Peláez Delgado, 2008)
- En otros métodos se incluye la medición de frecuencia vs amplitud, como la FFT. (Vélez Osorio & Peláez Delgado, 2008)

1.4.10.1. Transitorios Impulsivos

Como se indica en la Figura 9., el transiente o transitorio impulsivo es un cambio súbito y en un solo sentido de la onda en condición de estado estable del voltaje, la corriente o de los dos además de la frecuencia, diferente a la frecuencia del sistema de potencia. (Calidad de Energía Eléctrica, 2016)



Lightning Stroke Current Impulsive Transient

Figura 10. Transitorio Impulsivo
Fuente: (Calidad de Energía Eléctrica, 2016)

Este tipo de transitorios impulsivos son de magnitud moderada y elevada, pero con una corta duración que se mide en el orden de los microsegundos. Por su contenido espectral están caracterizados por sus tiempos de ascenso (1 a 10 µseg) y descenso (20 a 150 µseg). (Calidad de Energía Eléctrica, 2016)

“La causa más común de los transitorios impulsivos son las descargas atmosféricas. Debido a las altas frecuencias envueltas en el fenómeno, la forma del transitorio impulsivo puede ser cambiada rápidamente por componentes en los circuitos y presentar características muy diferentes en distintas partes del sistema de potencia”. (Vélez Osorio & Peláez Delgado, 2008).

1.4.10.2. Transitorios Oscilatorios

Como se observa en la Figura 10., el transiente o transitorio oscilatorio es un cambio súbito y en un solo sentido de la onda en condición de estado estable del voltaje, la corriente o de los dos que incluyen valores de polaridad negativa y positiva y de frecuencia diferente a la frecuencia de operación del sistema. (Vélez Osorio & Peláez Delgado, 2008)

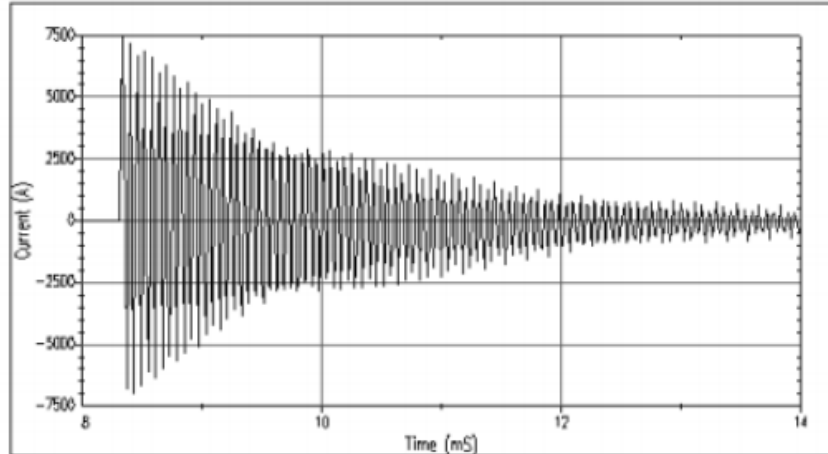


Figura 11. Transitorios Oscilatorios
Fuente: (Calidad de Energía Eléctrica, 2016)

Para este tipo de transitorio se identifica por su contenido espectral, duración y magnitud. Por su frecuencia en: transitorios de baja, media y alta frecuencia. (Calidad de Energía Eléctrica, 2016)

- Los transitorios oscilatorios con frecuencias mayores a 500kHz y con una duración típica medida en microsegundos (varios ciclos de la frecuencia fundamental) se denominan transitorios de alta frecuencia.
- Cuando la medición de la frecuencia se encuentra entre 5 y 500kHz se considera transitorio de frecuencia media.
- Un transitorio con una frecuencia inferior a 5kHz y una duración de 0.3 ms a 50ms. Se considera como transitorio de baja frecuencia.

Como se muestra en la Figura 11., el transitorio más frecuente es cuando los bancos de capacitores se energizan y hacen oscilar la tensión con una frecuencia primaria de 300 y 900 Hz. La magnitud pico que se puede observar normalmente es de 1.3-1.5 p.u. y con una duración entre 0.5 y 3 ciclos dependiendo del amortiguamiento del sistema. (Calidad de Energía Eléctrica, 2016).

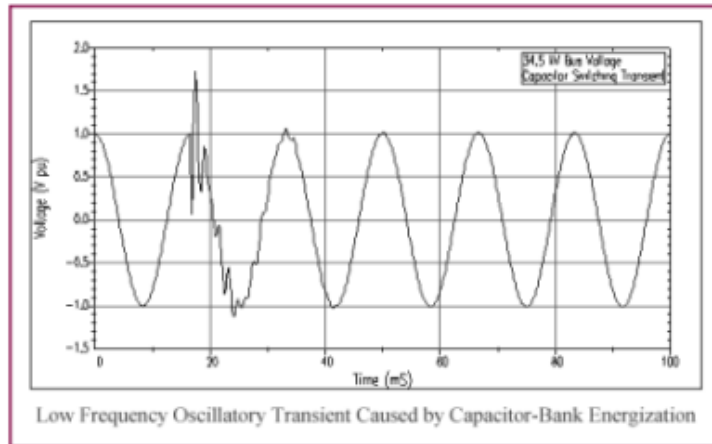


Figura 12. Transitorio Oscilatorio baja frecuencia por energización de capacitores.
Fuente: (Calidad de Energía Eléctrica, 2016)

Todos los sistemas a nivel de transmisión y distribución dentro de un sistema eléctrico de potencia están predispuestos a sufrir en algún momento de sus actividades una perturbación, disturbios, transitorios por las características propias del sistema.

1.5. Acciones de mejoramiento

(Cely Barrera & Salamanca Céspedes, 2010), mencionan que hay una variedad de métodos que se pueden implementar para mitigar o corregir los parámetros que afectan la calidad de energía eléctrica.

1.5.1. Métodos para mitigar armónicos.

En la actualidad hay una variedad de métodos para disminuir armónicos en las instalaciones eléctricas, esto dependerá de la magnitud del grado de distorsión que se obtenga de un estudio de calidad de energía eléctrica (Jaramillo Mata, 2013).

1.5.2. Conductores.

De acuerdo con (Jaramillo Mata, 2013), en una alimentación trifásica a cuatro hilos, en donde se pueden presentar armónicos múltiples se debe considerar colocar un conductor de mayor calibre como neutro, el mismo que pueda soportar de mejor manera la suma de las corrientes que circulan y retornen por el mencionando conductor.

1.5.3. Transformadores.

Existen transformadores en el mercado que ayudan a mitigar armónicos con un factor k , dichos transformadores son fabricados con un aislamiento galvánico entre el primario y el secundario del transformador además de blindaje electroestático, lo cual brinda una protección frente a los armónicos de corriente los mismos que ocasionan pérdidas y sobrecalentamiento entre los devanados, está diseñado para resistir una carga adicional por los elevados niveles de distorsión armónica existente en las instalaciones eléctricas sin exceder su temperatura de funcionamiento (Cely Barrera & Salamanca Céspedes, 2010).

1.5.4. Factor k .

De acuerdo con (Tecnología y Cultura Afirmando el conocimiento, 2021), menciona que el factor k es un factor opcional que se utiliza en transformadores que indica la capacidad que tiene un transformador para manejar corrientes no sinusoidales. El factor k se puede determinar según la ecuación 1.

$$\text{factor } k = \sum_{h=1}^{\infty} I_h (pu)^2 h^2 \quad (1)$$

1.5.5. Sobredimensionamiento de equipos.

(Cely Barrera & Salamanca Céspedes, 2010), mencionan que este método se enfoca en la reducción de efectos puntuales que producen corrientes armónicas esto debido al sobrecalentamiento de ciertas partes del sistema de alimentación o en algún equipo en particular dentro de las instalaciones del sitio de estudio.

1.5.6. Capacitores.

Los bancos de capacitores realizan una compensación de potencia reactiva y que en relación con los valores nominales pueden admitir sobrevoltajes de hasta un 110% y sobre corrientes de hasta 130%. (Jaramillo Mata, 2013).

1.5.7. Motores.

Para mitigar o corregir los efectos de distorsión armónica un método a considerar es mediante el aumento de la potencia de la máquina. Tomando en cuenta que la solución implica trabajar con un factor de potencia más bajo, y como consecuencia resulta un mayor consumo de potencia activa aumentando la necesidad de potencia reactiva lo que implicaría un aumento del banco de capacitores. (Cely Barrera & Salamanca Céspedes, 2010).

1.6. Corrección de flicker.

Existe algunas formas de corregir o reducir el flicker:

- Reducir las variaciones del flujo de potencia reactiva mediante la instalación de estabilizadores o compensadores que contienen electrónica de potencia
- Aumentando la potencia de cortocircuito esto con relación a la potencia de la carga en el punto de conexión en donde se conecta la carga fluctuante. (*Silva, 2005*).

1.7. Corrección de factor de potencia.

El factor de potencia es un parámetro de medida del rendimiento o la eficiencia del sistema eléctrico, el mismo que mide cuanto es aprovechada la energía. En otras palabras, que cantidad de energía es necesaria para convertirla en trabajo. Para corregir o mejorar el factor de potencia se mencionan las siguientes alternativas:

1.7.1. Compensación centralizada.

La compensación centralizada reduce el factor de potencia siendo considerada como la más barata, ya que la unidad central mediante un banco de capacitores resulta más económica que al distribuir el mismo grado de compensación en pequeñas unidades dispersas. (Vera Aranibar, 2019)

1.7.2. Compensación de potencia reactiva.

Para mejorar el factor de potencia es necesario reducir cargas que demandan potencia reactiva o en su defecto usando el método más común que es suministrar corriente en adelanto al sistema de potencia y compensar la corriente reactiva en retraso mediante el equipo de corrección de factor de potencia (Gómez Cabaliña, 2016).

(Vera Aranibar, 2019), debido al uso de bancos de capacitores surgen algunos problemas como son, por ejemplo:

- Resonancias en paralelo ente las capacitancias con la inductancia más cercana.
- Sobrecalentamiento en los capacitores.

Como ventajas de la corrección de factor de potencia se menciona:

- Reduce la caída de voltaje en el sistema eléctrico
- Incremento en la vida útil del equipo.
- Reducción de calor de los equipos.
- Reduce de pérdidas de energía y costo de operación. *(Gómez Cabaliña, 2016)*.

1.7.3. Puesta a Tierra.

La puesta a tierra de las instalaciones eléctricas está relacionada básicamente a la seguridad de las personas, así como de los equipos estableciendo conexiones equipotenciales, garantizando que en el evento de una falla a tierra toda corriente de falla que se origine retorne a la fuente de una forma controlada es decir que la trayectoria de retorno esté predeterminada. *(García Gago, 2021)*

CAPITULO II

DIAGNÓSTICO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS Y ANALISIS DE CALIDAD DE ENERGÍA

EL capítulo se enfoca en la presentación de los resultados que se obtuvieron del análisis del estado de las instalaciones eléctricas internas del Hospital Básico Asdrúbal de la Torre de Cotacachi, así como también de los parámetros eléctricos conforme a las regulaciones vigentes en nuestro país.

2.1. Descripción del lugar de estudio

El hospital Básico Asdrúbal de la Torre fue inaugurado el 6 de julio de 1977 (Yépez Reyes, 2015), tiene 44 años de vida institucional está ubicado en la provincia de Imbabura en la ciudad de Cotacachi delimitado al norte con la calle Eloy Alfaro, al sur la calle Segundo Luis Moreno y al este con la calle Pedro Moncayo. En la Figura 12 se encuentra la ubicación geográfica del Hospital.

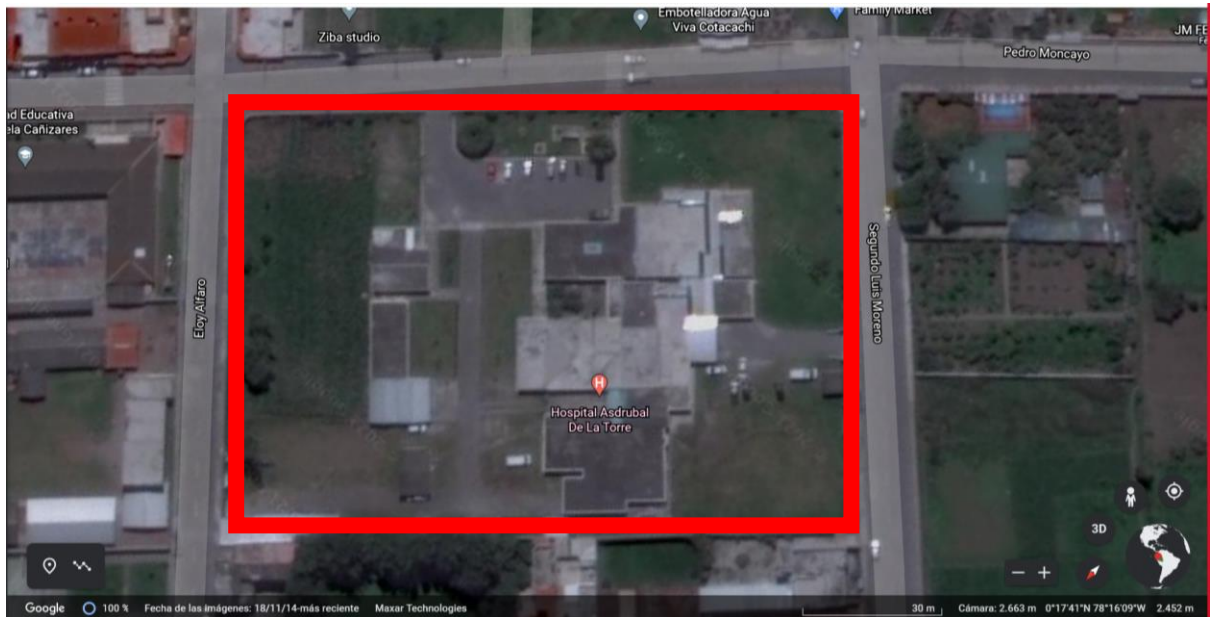


Figura 13. Ubicación geográfica Hospital Básico Asdrúbal de la Torre de Cotacachi
Fuente: (Google, s.f.)

En el hospital básico Asdrúbal de la Torre de Cotacachi funciona las siguientes especialidades: Odontología, Cirugía, Pediatría, Ginecología y Medicina Interna.

Las áreas médicas del hospital son: Laboratorio, Emergencia, Imagenología, Consulta externa, Farmacia, Quirófano, Sala de recuperación, Sala de Parto, Triage, Sala de recuperación; en el anexo A1 se muestra el plano arquitectónico del hospital. En la Tabla 2 se describe algunos datos referenciales del hospital:

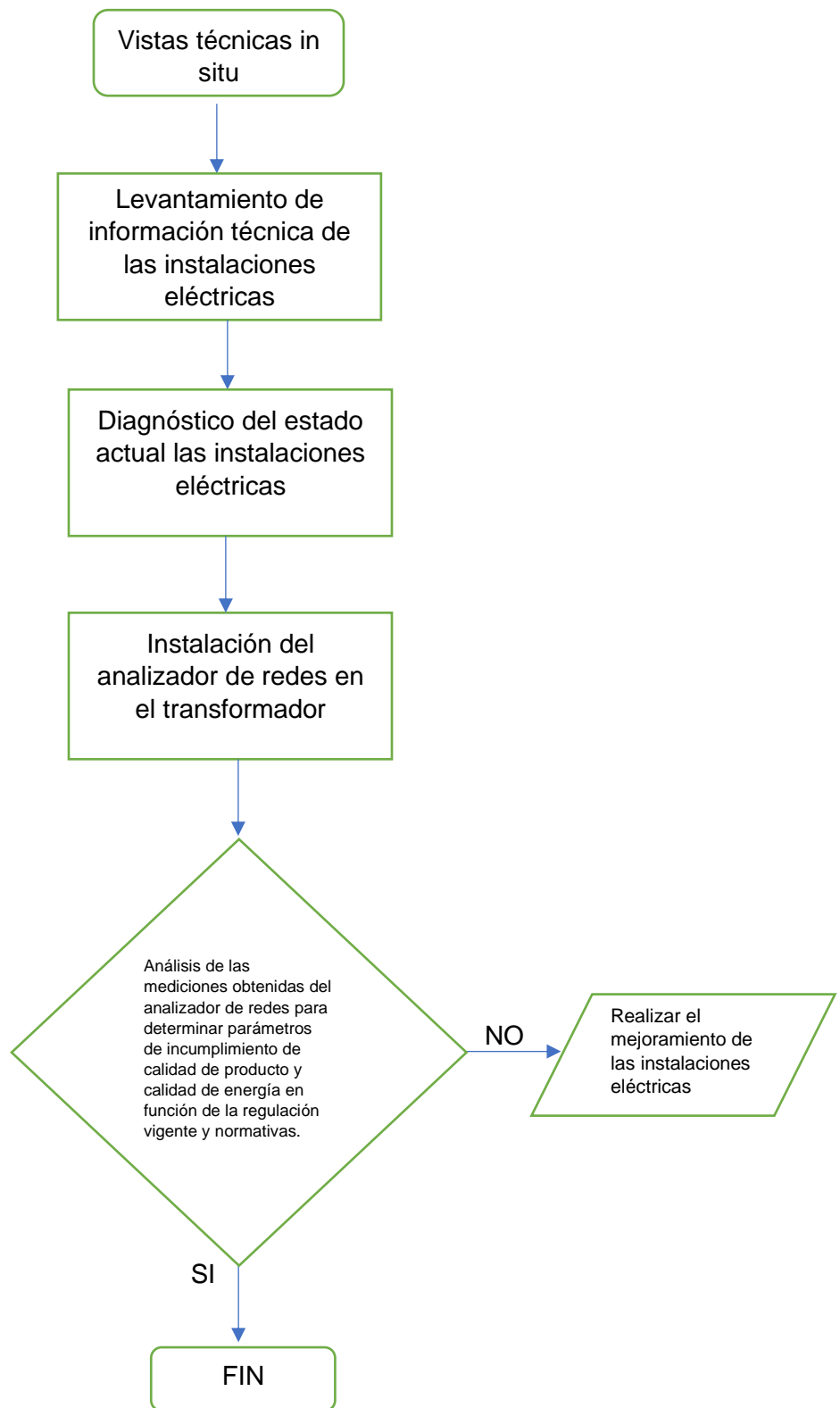
Tabla 2. Datos referenciales del Hospital Básico Asdrúbal de la Torre de Cotacachi

Ubicación Geográfica:	Latitud 0.295°
	Longitud 78.268°
Atención de pacientes promedio/mes	150
Consumo promedio Energía/mes	2524.5 KWh
Área de construcción:	3865.14 m2
Número de camas:	23

Fuente: Autor

Durante el tiempo de funcionamiento de la institución se ha modificado paulatinamente la infraestructura tanto en espacios físicos como también en el aumento de la carga en función de las necesidades de atención de pacientes que se ha incrementado con el pasar del tiempo.

2.2. Metodología



2.2.1. Visitas técnicas In situ

Previo al levantamiento de información técnica, se realizó visitas técnicas al hospital en conjunto con el personal técnico de mantenimiento, en donde se mantuvo conversaciones con el Tecnólogo Segundo Mediavilla técnico de mantenimiento encargado de guiar los recorridos por las instalaciones del hospital.

2.2.2. Levantamiento de Información técnica del hospital

Para realizar el levantamiento de información de la infraestructura eléctrica se dialogó con la directora subrogante del Hospital Básico Asdrúbal de la Torre de Cotacachi quien dispuso al personal de mantenimiento facilitar la información necesaria requerida y acceso a instalaciones internas del hospital.

La información obtenida del sistema eléctrico es una base para el desarrollo del estudio en el Hospital, a la vez que aclara el panorama y magnitud de los equipos que se encuentran instalados en las diferentes áreas.

Los equipos que actualmente constituyen el Hospital Básico Asdrúbal de la Torre de Cotacachi varían en sus años de servicio, existen equipos que tienen décadas de trabajo, también algunos importantes que trabajan por menos de una década.

El levantamiento eléctrico realizado en el Hospital, básicamente se refiere a la obtención de datos del sistema de bajo voltaje tales como: transformadores, tableros de distribución, generador, equipos con cargas considerables y carga instalada en general.

2.2.3. Diagrama unifilar

El Hospital Básico Asdrúbal de la Torre de Cotacachi no cuenta con planos eléctricos de sus instalaciones eléctricas internas, tampoco de un diagrama unifilar que ayude a conocer cómo se encuentra el conexionado, dimensión de tuberías y protecciones de las instalaciones, por lo que se realizó el diagrama unifilar actual desde sus subtableros hacia los circuitos que se derivan de sus respectivas protecciones como se indica en la Figura 14. (Ver anexos C1-C5).

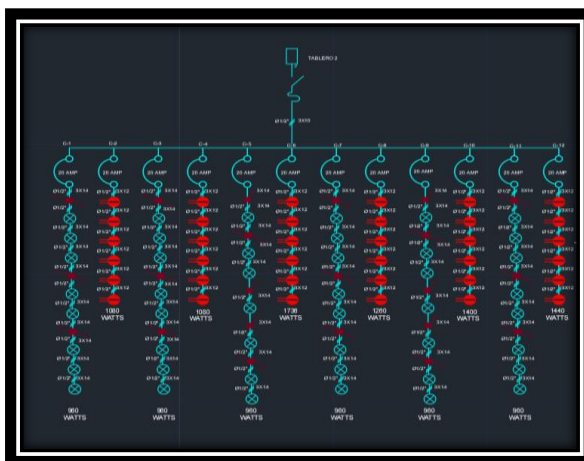


Figura 14. Diagrama unifilar tablero 2
Fuente: Autor

2.2.4. Diagnóstico de las instalaciones eléctricas

Para llevar a cabo el diagnóstico de las instalaciones eléctricas del hospital fue necesario emplear equipos que ayudaron a la obtención de los parámetros eléctricos de calidad de energía (Analizador de redes FLUKE modelo 1744) y otras herramientas (Pinza amperimétrica DCM266), para levantamiento del estado actual de las instalaciones eléctricas de la institución.

En la Figura 15, se puede observar la parte frontal del analizador de redes FLUKE modelo 1744, el cual se utilizó para el realizar el análisis de calidad de energía en el transformador de 100 kVA del Hospital Básico Asdrúbal de la Torre de Cotacachi.



Figura 15. Analizador de redes Fluke modelo 1744
Fuente: (Fluke, 2017)

El analizador de redes es un instrumento capaz de mostrar datos y formas de onda de las señales eléctricas de voltajes, corrientes, potencias, armónicos, en forma de histogramas, gráficas fasoriales, formas de onda, espectros de armónicos, estos como parámetros principales, una vez que se descarguen los datos en el software correspondiente, pues depende de las distintas marcas que se pueden encontrar en el mercado.

En la Figura 16, se puede observar la parte frontal de la pinza amperimétrica modelo DCM 266, la misma que se utilizó para verificación de voltajes y corrientes al realizar el diagnóstico de las instalaciones eléctricas internas en el Hospital Básico Asdrúbal de la Torre de Cotacachi.



Figura 16. Pinza Amperimétrica modelo DCM266
Fuente: Operation Manual

El medidor de la Figura 16, es un medidor de pinza digital de mano de 3 ½ para medir en CC y CA, tensión, corriente, resistencia, prueba de continuidad y prueba de aislamiento. Sobrecarga completa se proporcionan protección, indicación de batería baja e indicación de sobre rango.

2.2.3.1.Transformador

El Hospital Básico Asdrúbal de la Torre de Cotacachi, cuenta con dos transformadores trifásicos de potencias aparentes 45kVA y 100kVA. El transformador de 100 kVA es quién alimenta al hospital por lo que el análisis de los parámetros eléctricos se lo realizó al mismo.

En lo que corresponde al transformador de 45kVA no se realizó el análisis de calidad, debido a que el mismo es utilizado para rayos x, por lo que su carga es puntual al ser un

circuito independiente y no influye en el funcionamiento cotidiano de las instalaciones eléctricas internas del hospital.

2.2.3.2.Acometida

En el Hospital Básico Asdrúbal de la Torre de Cotacachi el suministro de energía eléctrica del transformador de 100kVA, es mediante una acometida aérea constituida de dos cables apantallados de 400 MCM aislados de aluminio y un cable desnudo de 250 MCM para el neutro, los mismos que son conducidos por la losa del comedor en donde mediante abrazaderas y llegan al tablero de alimentación principal.



Figura 17. Transformador de alimentación 100kVA
Fuente: Autor



Figura 18. Acometida aérea
Fuente: Autor

El suministro de energía eléctrica del transformador de 45kVA, es mediante una acometida subterránea constituida de tres cables apantallados N° 8 AWG 7 hilos aislados de cobre y un cable desnudo para el neutro, los mismos que son conducidos por tubería subterránea hasta el medidor.



Figura 19. Acometida transformador 45 kVA
Fuente: Autor

2.2.3.3. Tablero de alimentación principal

El tablero principal de alimentación de las instalaciones eléctricas que alimentan los circuitos de las diferentes áreas que conforman el Hospital se encuentra en muy mal estado, debido a que existen circuitos que están sin energía ya que se realizó una nueva distribución de circuitos adicionales que requería la institución, también se encontró circuitos deshabilitados por cortocircuitos que se produjeron en años anteriores debido a la sobrecarga de los circuitos combinado a un calibre de conductor no adecuado para resistir la carga, además existen áreas del hospital con instalaciones de circuitos sobrepuestos en las paredes con canaletas.

Existe un bajo nivel de iluminación en el sitio donde se encuentra emplazado el tablero principal de alimentación ocasionando inconvenientes de baja visibilidad para realizar

maniobras de mantenimiento de los circuitos eléctricos, no existe la señalética correspondiente que identifique el riesgo o choque eléctrico en el sitio.

Es importante señalar que no existe puesta a tierra de todas las instalaciones eléctricas del hospital por lo que el personal y los equipos son propensos a tener daños en caso de una descarga eléctrica producto de un fenómeno atmosférico, por ejemplo.

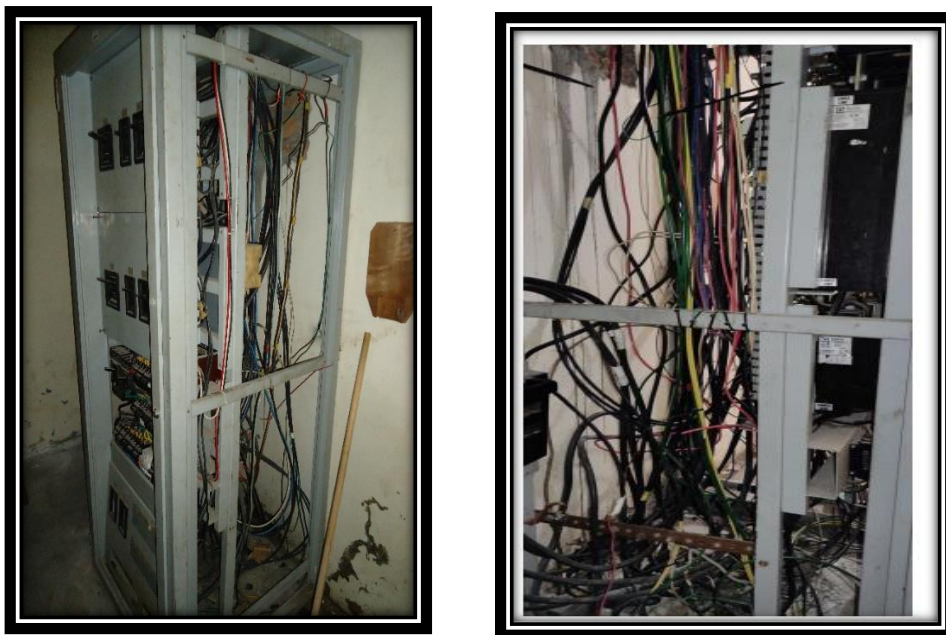


Figura 20. Tablero de alimentación Principal
Fuente: Autor

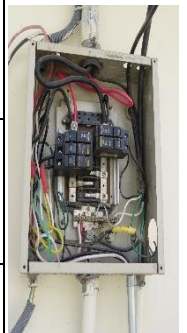
2.2.3.1. Subtableros de distribución, protecciones y conexiones eléctricas

El Hospital Básico Asdrúbal de la Torre de Cotacachi cuenta con algunos subtableros instalados que tienen muchos años de servicio y debido al crecimiento de nuevos servicios algunos de los subtableros y protecciones se encuentran saturados y otros están por saturarse, por lo cual se recomienda el cambio de los mismos por otros de mayor capacidad, con esto se logra dar la confiabilidad y continuidad en el servicio, que en este caso el usuario es la institución que brinda salud a las personas, por lo cual el servicio eléctrico debe ser

permanente y las instalaciones eléctricas garantizadas. En la tabla 3 se indica la ubicación y circuitos que alimentan cada uno de los subtableros de distribución que tiene el hospital.

Tabla 3. Cuadro de Circuitos y protecciones

Tablero 1	Descripción	Protección (A)	Protección recomendada (A)	Potencia (W)	Calibre (AWG)	Capacidad máxima de conducción (A)	Corriente (A)
Ubicado en frente del comedor	Circuito 1: Luminarias de exteriores	16	25	1400	12	25	12,73
	Circuito 2: Tomacorrientes y luminarias interiores oficinas	50	25	1560	12	25	14,18
	Circuito 3: Luminarias y tomacorrientes oficinas	50	25	1680	12	25	15,27
	Circuito 4: Tomacorrientes oficinas	32	25	1080	12	25	9,82
	Circuito 5: Ducha del hospital residencia médica	32	35	3500	10	35	31,82



Tablero 2	Descripción	Protección (A)	Protección recomendada (A)	Potencia (W)	Calibre (AWG)	Capacidad máxima de conducción (A)	Corriente (A)
Ubicado en la pared frente a la sala de hospitalización	Circuito 1: Luminarias Sala 1 de hospitalización	20	20	960	14	20	8,73
	Circuito 2: Tomacorrientes Sala 1 de hospitalización	20	25	1080	12	25	9,82
	Circuito 3: Luminarias Sala 2 de hospitalización	20	20	960	14	20	8,73
	Circuito 4: Tomacorrientes Sala 2 de hospitalización	20	25	1080	12	25	9,82
	Circuito 5: Luminarias Sala 3 de hospitalización	20	20	960	14	20	8,73
	Circuito 6: Tomacorrientes Sala 3 de hospitalización	20	25	1736	12	25	15,78
	Circuito 7: Luminarias Sala 4 de hospitalización	20	20	960	14	20	8,73
	Circuito 8: Tomacorrientes Sala 4 de hospitalización	20	25	1260	12	25	11,45
	Circuito 9: Luminarias Sala 5 de hospitalización	20	20	960	14	20	8,73
	Circuito 10: Tomacorrientes Sala 5 de hospitalización	20	25	1400	12	25	12,73



Tablero 3	Descripción	Protección (A)	Protección recomendada (A)	Potencia (W)	Calibre (AWG)	Capacidad máxima de conducción (A)	Corriente (A)
Ubicado en la pared frente a la sala de hospitalización	Circuito 13: Luminarias Hospitalización	15	20	960	14	20	8,73
	Circuito 14: Tomacorrientes Hospitalización	30	25	3150	12	25	28,64
	Circuito 15: Luminarias Hospitalización 2	15	20	960	14	20	8,73
	Circuito 16: Tomacorrientes Hospitalización 2	15	25	2924	12	25	26,58
	Circuito 17: Luminarias triaje	15	20	960	14	20	8,73
	Circuito 18: Tomacorrientes triaje	15	25	960	12	25	8,73
	Circuito 19: Deshabilitado	20	0	0			0,00
	Circuito 20: Deshabilitado	20	0	0			0,00
	Circuito 21: Deshabilitado	20	0	0			0,00
	Circuito 22: Deshabilitado	20	0	0			0,00
	Circuito 23: Deshabilitado	15	0	0			0,00
	Circuito 24: Deshabilitado	30	0	0			0,00



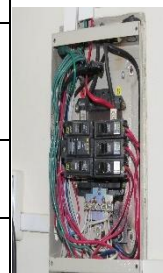
Tablero 4	Descripción	Protección (A)	Protección recomendada (A)	Potencia (W)	Calibre (AWG)	Capacidad máxima de conducción (A)	Corriente (A)
Ubicado en la pared exterior de la sala de partos	Circuito 1: Tomacorrientes Farmacia	63	25	3600	12	25	32,73
	Circuito 2: Luminarias Emergencia	32	20	2000	14	20	18,18
	Circuito 3: Luminarias Farmacia	63	20	3800	14	20	34,55
	Circuito 4: Luminarias Sala de Partos	32	20	2000	14	20	18,18
	Circuito 5: Tomacorrientes preparación	63	25	3360	12	25	30,55
	Circuito 6: Tomacorrientes Farmacia	32	25	1680	12	25	15,27
	Circuito 7: Luminarias preparación	63	20	2700	14	20	24,55
	Circuito 8: Luminarias vacunación	20	20	3536	14	20	32,15
	Circuito 9: Tomacorrientes estadística	63	25	2924	12	25	26,58
	Circuito 10: Luminarias estadística	20	20	2924	14	20	26,58
	Circuito 11: Tomacorrientes estadística	63	25	1736	12	25	15,78
	Circuito 12: Tomacorrientes vacunación	40	25	5480	12	25	49,82
	Circuito 13: Luminarias Odontología	60	20	2924	14	20	26,58
	Circuito 14: Tomacorrientes Consulta externa	60	25	4256	12	25	38,69



Tablero 5	Descripción	Protección (A)	Protección recomendada (A)	Potencia (W)	Calibre (AWG)	Capacidad máxima de conducción (A)	Corriente (A)
Ubicado en el cuarto de Bombas	Circuito 1: Bombas	40	35	2237,1	10	35	20,34
	Circuito 2: Luminarias del cuarto de Bombas	20	20	360	14	20	3,27
Tablero 6	Descripción	Protección (A)	Protección recomendada (A)	Potencia (W)	Calibre (AWG)	Capacidad máxima de conducción (A)	Corriente (A)
Ubicado en la sala de ginecología	Circuito 1: Tomacorrientes Ginecología	30	25	1080	12	25	9,82
	Circuito 2: Luminarias Ginecología	30	20	960	14	20	8,73
Tablero 7	Descripción	Protección (A)	Protección recomendada (A)	Potencia (W)	Calibre (AWG)	Capacidad máxima de conducción (A)	Corriente (A)
Ubicado en hall base de datos	Circuito 1: Tomacorrientes obstetricia	30	25	1736	12	25	15,78
	Circuito 2: Luminarias obstetricia	20	20	5480	14	20	49,82
	Circuito 3: Luminarias pasillo obstetricia	20	20	3536	14	20	32,15
	Circuito 4: Tomacorrientes hall obstetricia	20	25	2924	12	25	26,58



Tablero 8	Descripción	Protección (A)	Protección recomendada (A)	Potencia (W)	Calibre (AWG)	Capacidad máxima de conducción (A)	Corriente (A)
Ubicado puerta exterior ingreso a la cocina	Circuito 1: Ducha eléctrica residencia medica	32	35	3500	10	35	31,82
Tablero 9	Descripción	Protección (A)	Protección recomendada (A)	Potencia (W)	Calibre (AWG)	Capacidad máxima de conducción (A)	Corriente (A)
Ubicado en el laboratorio	Circuito 1: Tomacorrientes del Laboratorio	30	25	1380	12	25	12,55
	Circuito 2: Tomacorrientes para equipos de hemoglobina	30	25	2400	12	25	21,82
	Circuito 3: Luminarias del Laboratorio	20	20	960	14	20	8,73
	Circuito 4: Tomacorrientes	30	25	1080	12	25	9,82
	Circuito 5: Tomacorrientes	30	25	1080	12	25	9,82
	Circuito 6: Luminarias información	30	20	960	14	20	8,73
Tablero 10	Descripción	Protección (A)	Protección recomendada (A)	Potencia (W)	Calibre (AWG)	Capacidad máxima de conducción (A)	Corriente (A)
Ubicado en el taller de mantenimiento del hospital	Circuito 1: Luminarias del taller y oficina	16	20	960	14	20	8,73
	Circuito 2: Tomacorrientes taller y Oficina	20	25	1440	12	25	13,09



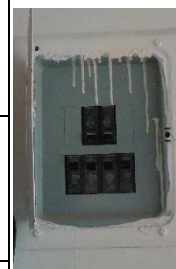
Tablero 11	Descripción	Protección (A)	Protección recomendada (A)	Potencia (W)	Calibre (AWG)	Capacidad máxima de conducción (A)	Corriente (A)
Ubicado en la lavandería del Hospital	Circuito 1: Alimenta las luminarias de la lavandería	16	20	1736	14	20	15,78
	Circuito 2: Alimenta los tomacorrientes de la secadora del Hospital	100	65	5480	6	65	49,82
	Circuito 3: Alimenta lavadoras	40	50	3840	8	50	34,91
Tablero 12	Descripción	Protección (A)	Protección recomendada (A)	Potencia (W)	Calibre (AWG)	Capacidad máxima de conducción (A)	Corriente (A)
Ubicado frente al cuarto de bombas	Circuito 1: Luminarias cocina	16	20	960	14	20	8,73
	Circuito 2: Tomacorrientes cocina	16	25	1080	12	25	9,82
	Circuito 3: Luminarias comedor	16	20	960	14	20	8,73
	Circuito 4: Tomacorrientes comedor	16	25	1440	12	25	13,09
	Circuito 5: Luminarias sala de reuniones	16	20	960	14	20	8,73
	Circuito 6: Tomacorrientes sala de reuniones	32	25	1080	12	25	9,82
	Circuito 7: Luminarias del exterior	20	25	800	12	25	7,27
	Circuito 8: Luminarias exteriores cuarto de bombas	20	20	360	14	20	3,27
	Circuito 9: Tomacorrientes exteriores	20	25	1080	12	25	9,82
	Circuito 10: Luminarias exteriores	20	20	1400	14	20	12,73



Tablero 13	Descripción	Protección (A)	Protección recomendada (A)	Potencia (W)	Calibre (AWG)	Capacidad máxima de conducción (A)	Corriente (A)
Ubicado pared exterior sala de parto ancestral	Circuito 1: Luminarias sala parto ancestral	40	20	480	14	20	4,36
	Circuito 2: Tomacorrientes sala de parto ancestral	20	25	1080	12	25	9,82
	Circuito 3: Luminarias pasillo	20	20	960	14	20	8,73
	Circuito 4: Tomacorrientes pasillo	20	25	1080	12	25	9,82
Tablero 14	Descripción	Protección (A)	Protección recomendada (A)	Potencia (W)	Calibre (AWG)	Capacidad máxima de conducción (A)	Corriente (A)
Ubicado en el pasillo cerca de farmacia e insumos	Circuito 1: Luminarias pasillo farmacia e insumos	20	20	1080	14	20	9,82
	Circuito 2: Luminarias electrocardiograma	20	20	1200	14	20	10,91
	Circuito 3: Tomacorrientes pasillo farmacia e insumos	30	25	1110	12	25	10,09
	Circuito 4: Deshabilitados	20		0			0
	Circuito 5: Deshabilitados	30		0			0
	Circuito 6: Deshabilitados	20		0			0



Tablero 15	Descripción	Protección (A)	Protección recomendada (A)	Potencia (W)	Calibre (AWG)	Capacidad máxima de conducción (A)	Corriente (A)
Ubicado en la puerta principal sobre el expendedor de preservativos	Circuito 1: Luminarias Farmacia	15	20	960	14	20	8,73
	Circuito 2: Luminarias consulta externa	15	20	1232	14	20	11,20
	Circuito 3: Tomacorrientes consulta externa	20	25	1080	12	25	9,82
	Circuito 4: Tomacorrientes consulta externa	20	25	1110	12	25	10,09
	Circuito 5: Tomacorrientes Información	20	25	1404	12	25	12,76
	Circuito 6: Luminarias información	15	20	1110	14	20	10,09



Tablero 16	Descripción	Protección (A)	Protección recomendada (A)	Potencia (W)	Calibre (AWG)	Capacidad máxima de conducción (A)	Corriente (A)
Ubicado en la entrada al laboratorio	Circuito 1: Luminarias Carpa exterior vacunación COVID	16	20	720	14	20	6,55
	Circuito 2: Luminarias Odontología	20	20	960	14	20	8,73
	Circuito 3: Tomacorrientes odontología	30	25	1536	12	25	13,96
	Circuito 4: Tomacorrientes carpa exterior vacunación COVID	30	25	1080	12	25	9,82
	Circuito 5: Luminarias consulta odontología	20	20	960	14	20	8,73
	Circuito 6: Tomacorrientes consulta odontología	30	25	1080	12	25	9,82
Tablero 17	Descripción	Protección (A)	Protección recomendada (A)	Potencia (W)	Calibre (AWG)	Capacidad máxima de conducción (A)	Corriente (A)
Ubicado en el pasillo de medicina familiar	Circuito 1: Luminaria Hall odontología	15	20	960	14	20	8,73
	Circuito 2: Tomacorrientes hall odontología	20	25	1110	12	25	10,09



Tablero 18	Descripción	Protección (A)	Protección recomendada (A)	Potencia (W)	Calibre (AWG)	Capacidad máxima de conducción (A)	Corriente (A)
Ubicado en el pasillo de medicina familiar	Circuito 1: Luminarias medicina familiar	20	20	1160	14	20	10,55
	Circuito 2: Tomacorrientes medicina familiar	20	25	1680	12	25	15,27
	Circuito 3: Luminarias emergencia	20	20	1440	14	20	13,09
	Circuito 4: Tomacorrientes carpas exteriores emergencia	20	25	1170	12	25	10,64
	Circuito 5: Luminarias externas carpas	20	20	960	14	20	8,73
	Circuito 6: Tomacorrientes exteriores emergencia	20	25	1104	12	25	10,04



Tablero 19	Descripción	Protección (A)	Protección recomendada (A)	Potencia (W)	Calibre (AWG)	Capacidad máxima de conducción (A)	Corriente (A)
Ubicado en las oficinas administrativas	Circuito 1: Luminarias oficinas administrativas	20	20	1440	14	20	13,09
	Circuito 2: Tomacorrientes oficinas administrativas	20	25	1800	12	25	16,36
	Circuito 3: Tomacorrientes oficinas despacho	20	25	1120	12	25	10,18
	Circuito 4: Luminarias oficina despacho	20	20	480	14	20	4,36
Tablero 20	Descripción	Protección (A)	Protección recomendada (A)	Potencia (W)	Calibre (AWG)	Capacidad máxima de conducción (A)	Corriente (A)
Ubicado en la morgue	Circuito 1: Luminarias morgue	30	20	960	14	20	8,73
	Circuito 2: Tomacorrientes morgue	30	25	1920	12	25	17,45
	Circuito 3: Tomacorrientes morgue	30	25	1080	12	25	9,82



Tablero 21	Descripción	Protección (A)	Protección recomendada (A)	Potencia (W)	Calibre (AWG)	Capacidad máxima de conducción (A)	Corriente (A)
	Circuito 1: deshabilitados	20		0			0
	Circuito 2: deshabilitados	20		0			0
	Circuito 3: deshabilitados	20		0			0
	Circuito 4: Tomacorrientes exteriores	20	25	1440	12	25	13,09
	Circuito 5: Luminarias exteriores	20	20	960	14	20	8,73
	Circuito 6: Deshabilitado	20		0			0



Fuente: Autor

En lo que corresponde al cableado de las instalaciones eléctricas internas del Hospital, algunos de los conductores ya han cumplido su vida útil debido a que se evidenció el desprendimiento del aislante del conductor, pero aún se encuentran alimentando a las cargas a las cuales están conectadas. Existen una variedad de calibres de conductores que se derivan de los subtableros a los diferentes circuitos que alimentan como se indica en la Tabla 4.

Tabla 4. Calibres de conductores

Calibre (AWG)	Descripción	Área
8	Alimentación Principal	Acometida
6	Conexiones especiales de tomacorrientes 220V	Laboratorio, Lavandería, cocina
14	Circuitos de Luminarias	Todas las áreas, exteriores, pasillos
12	Circuitos de Tomacorrientes	Todas las áreas, exteriores, pasillos

Fuente: Autor

En los exteriores de las edificaciones a la intemperie existen conductores que van degradándose por las condiciones climáticas a los que están expuestos como se muestra en la Figura 21.



Figura 21.

Cables a la intemperie
Fuente: Autor

Las conexiones eléctricas, derivaciones, deben ser rectificadas ya que varias de éstas no se las conduce por medio de tuberías. Debido al continuo crecimiento de la institución y

por no tomar las precauciones necesarias mediante una planificación del trabajo que se realizó.

2.2.3.2. Sistema de transferencia automática

El sistema de transferencia automática y control del generador está conformado por un PLC (programador lógico controlable), el mismo que se encuentra configurado de tal forma que permita el arranque y parada tanto automático como manual. En la parte frontal del tablero se encuentra un display LED, luces piloto y un selector.

Como objetivos del sistema de transferencia automática se tienen: supervisar el estado de voltaje del suministro normal (red de la Empresa Eléctrica EMELNORTE), así como también en caso de falla por bajo voltaje, falla de fase o secuencia inversa arrancar el generador para que de esta manera funcione la fuente suministro de emergencia (grupo electrógeno), y desconectar el sistema de fuerza del suministro normal de energía como requisitos para que funcione el generador: nivel de voltaje y frecuencia 60 Hz.



Figura 22.



Tablero del sistema de transferencia automática
Fuente: Autor

2.2.3.6. Generador de emergencia

El Hospital Básico Asdrúbal de la Torre de Cotacachi dispone de un grupo electrógeno para emergencia de 20 kVA de potencia aparente, para poder suplir las necesidades prioritarias de energía eléctrica como son iluminación, refrigeración de medicamentos, equipos de cirugía, sistemas de emergencia entre otros, que se presentan por pérdida de energía eléctrica por parte de la distribuidora.

Tabla 5. Características del generador de emergencia

Potencia Aparente	20 kVA
Factor de potencia	0.8
Voltaje	220/110
Masa	375 kg
Frecuencia	60 Hz
Tipo	Monofásico tres hilos
Tipo de combustible	Diesel

Fuente: Autor



Figura 23. Generador de emergencia
Fuente: Autor

2.3. Mediciones y análisis de calidad de energía transformador N.º 5098

Una vez que se instaló el analizador de redes FLUKE modelo 1744 y de acuerdo con la regulación vigente del ARCERNNR se obtuvieron los datos de las mediciones y se realizó el análisis de los parámetros de calidad de producto en el transformador de 100kVA del hospital.

2.3.1. Datos referenciales del transformador de 100kVA

Tabla 6. Datos referenciales del transformador N.º 5098

Código	5098	Dirección:	Segundo Luis Moreno
Subestación N.º ^a	Cotacachi	Provincia:	Imbabura
Alimentador N.º	H2	Cantón:	Cotacachi
Tensión Nominal	127	Parroquia:	Cotacachi
Equipo utilizado	Fluke 1744	Sector:	Las Lomas
Potencia	100kVA	Zona:	Urbana

2.3.2. Perfil de voltaje actual

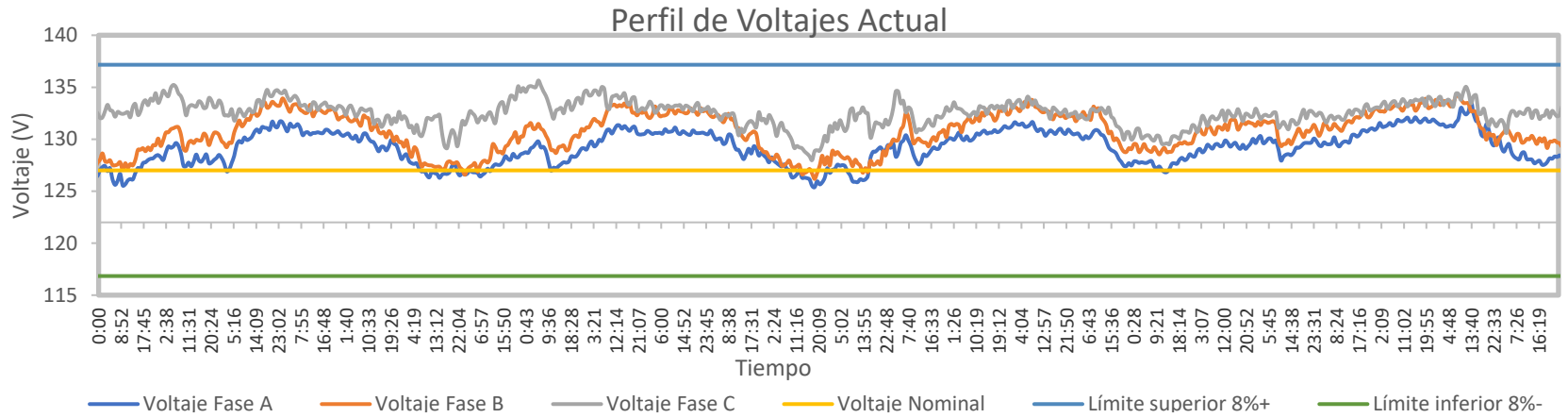


Gráfico 1.

Perfil de voltaje actual

Fuente: Autor

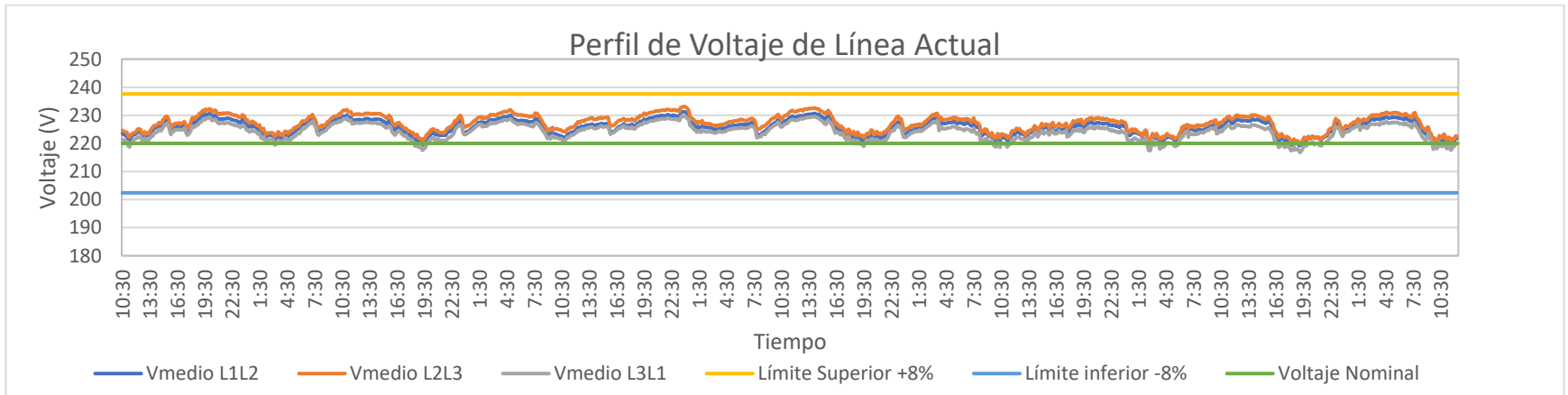


Gráfico 2. Voltaje de Línea

Fuente: Autor

Como se puede observar en la Gráfica 1 y Gráfica 2, los voltajes de fase y de línea están operando sobre el voltaje nominal (127V y 220V) respectivamente sin embargo los mismos no incumplen con la Regulación ARCERNNR 002/20 ya que no sobrepasa la banda superior del + 8% del voltaje nominal como indica la regulación antes mencionada.

2.3.3. Corrientes del transformador

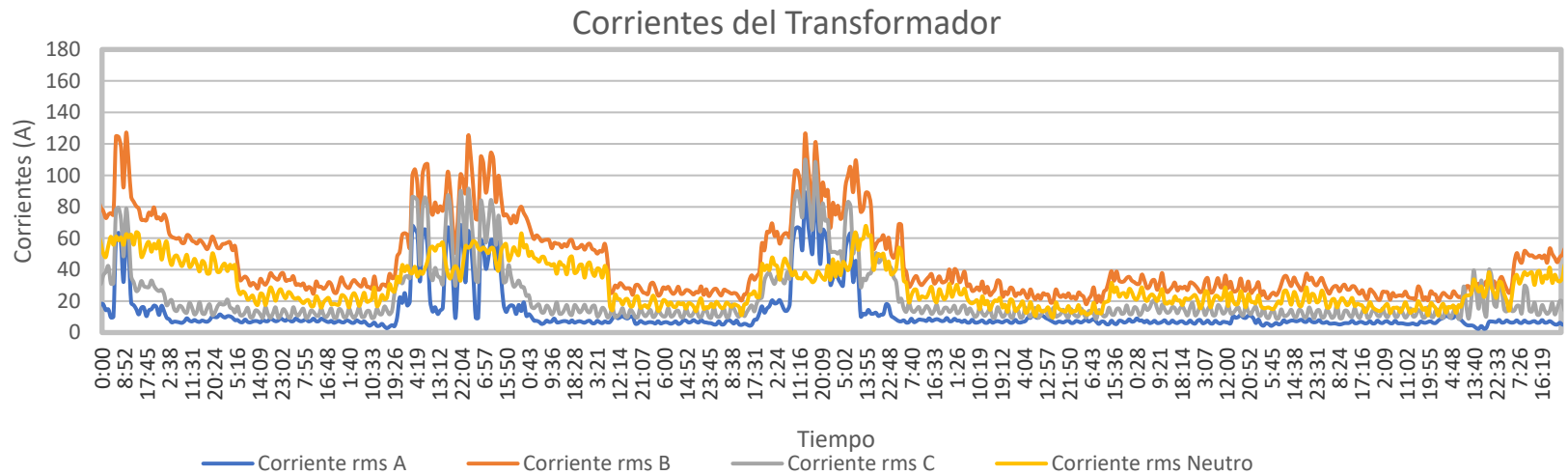


Gráfico 3. Corrientes del transformador

Fuente: Autor

Tabla 7. Registro de corrientes

I máx. Fase A	I máx. Fase B	I máx. Fase C	I máx. Neutro	Fecha	Hora
87,38	149,77	116,86	50,79	29/09/2021	10:40
54,61	153,99	86,46	85,64	30/09/2021	13:10
78,61	124,48	120,05	48,78	29/09/2021	11:40
18,22	112,16	41,44	85,65	30/09/2021	13:30

Fuente: Autor

En la Gráfica 3 y en la Tabla 7, se observa las corrientes de cada una de las tres fases y el neutro, en donde en ciertas horas del día (entre las 10am a 13pm), las corrientes de las tres fases sufren un pico máximo siendo las fases B y C quienes tienen el mayor valor en sus mediciones lo que nos lleva a la conclusión de que existe un desbalance de cargas del 22.75% dentro de las instalaciones del Hospital. Además, se puede observar que la corriente que retorna por el neutro no es nada despreciable por lo que hay que verificar el calibre de este y realizar el balance de cargas.

2.3.4. Análisis de THDv

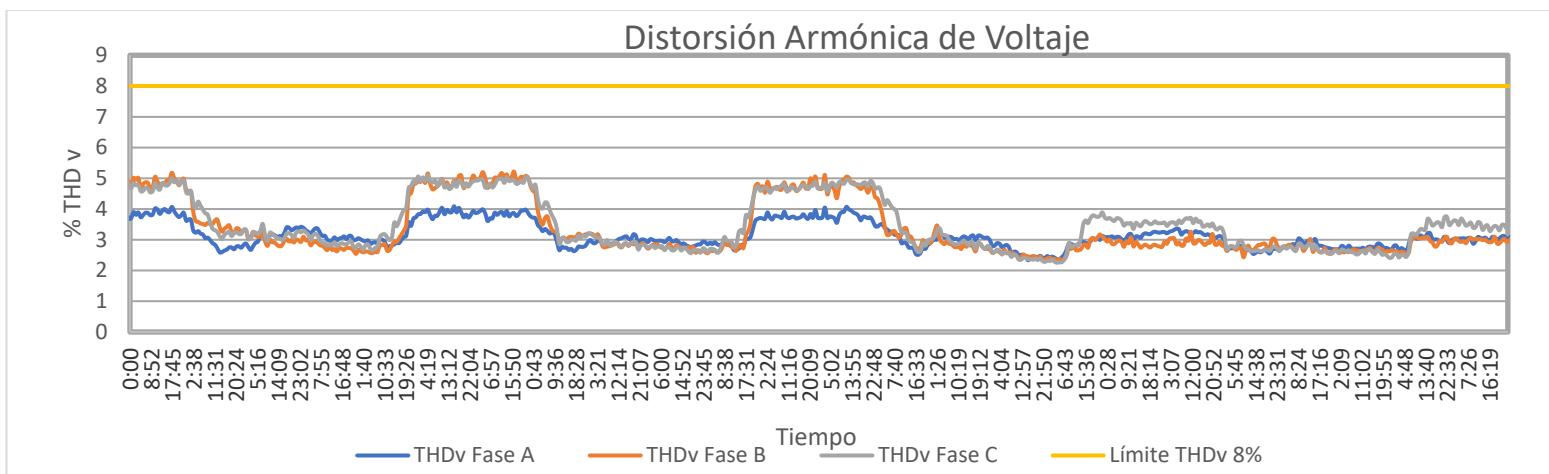


Gráfico 4.

Distorsión armónica total de voltaje

Fuente: Autor

En la Gráfica 4, se puede observar la distorsión armónica de voltaje de las tres fases en donde no existe incumplimiento de THDv en el período de medición ya que no superan el límite del 8% establecido por la Regulación ARCERNR 002/20, por lo tanto, se puede concluir que no existe distorsión armónica.

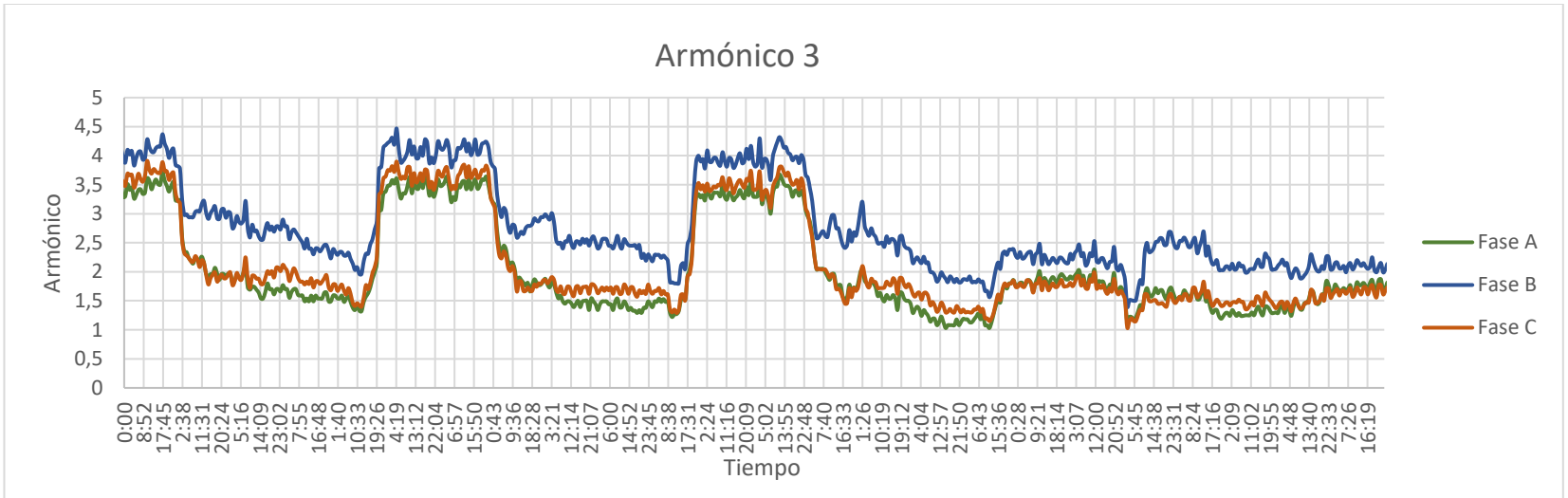


Gráfico 5. Armónico Individual tercero

Fuente: Autor

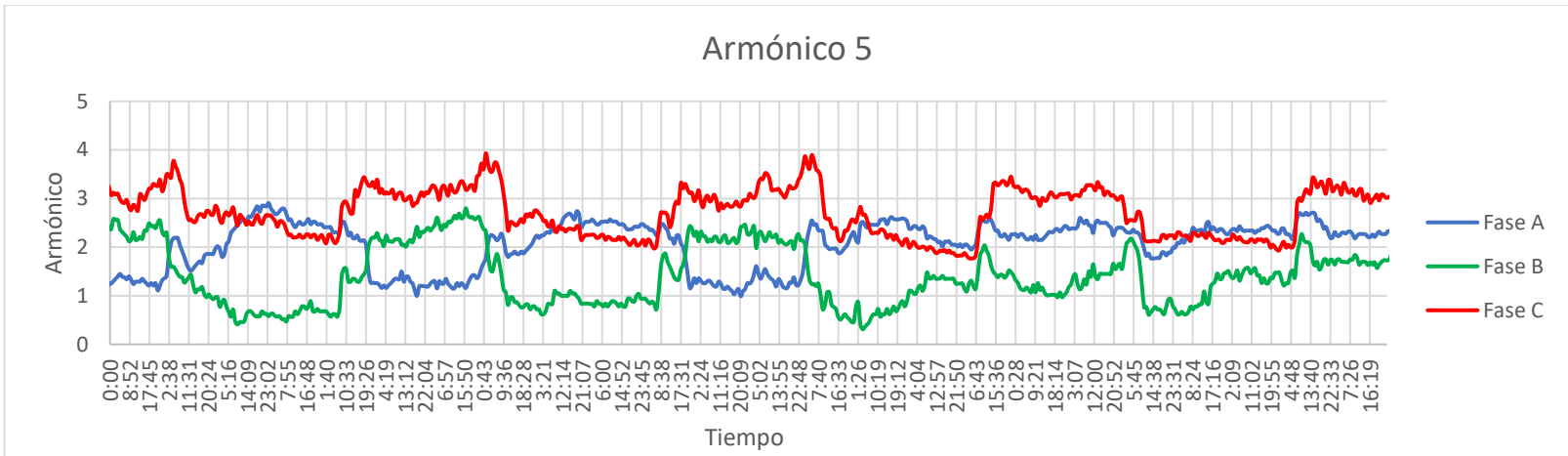


Gráfico 6. Armónico Individual quinto

Fuente: Autor

Con los datos obtenidos en el periodo de medición en la Gráfica 5, se observa la distorsión armónica individual tercero de voltaje, de las tres fases en donde no existe incumplimiento de THDv en el período de medición ya que no superan el límite del 8% establecido por la Regulación ARCERNNR 002/20. Sin embargo, se evidencia que en la fase B se tiene las mediciones más altas con un valor pico de 4.71%, lo que indica que se debe tener mayor cuidado con esta fase en lo que corresponde a este parámetro.

Dentro del análisis de los parámetros eléctricos en este caso del armónico individual quinto de voltaje en la Gráfica 6, se tiene que la fase C es la que se encuentra más afectada por el mismo ya que el valor máximo registrado fue de 3.93%.

2.3.5. Flicker

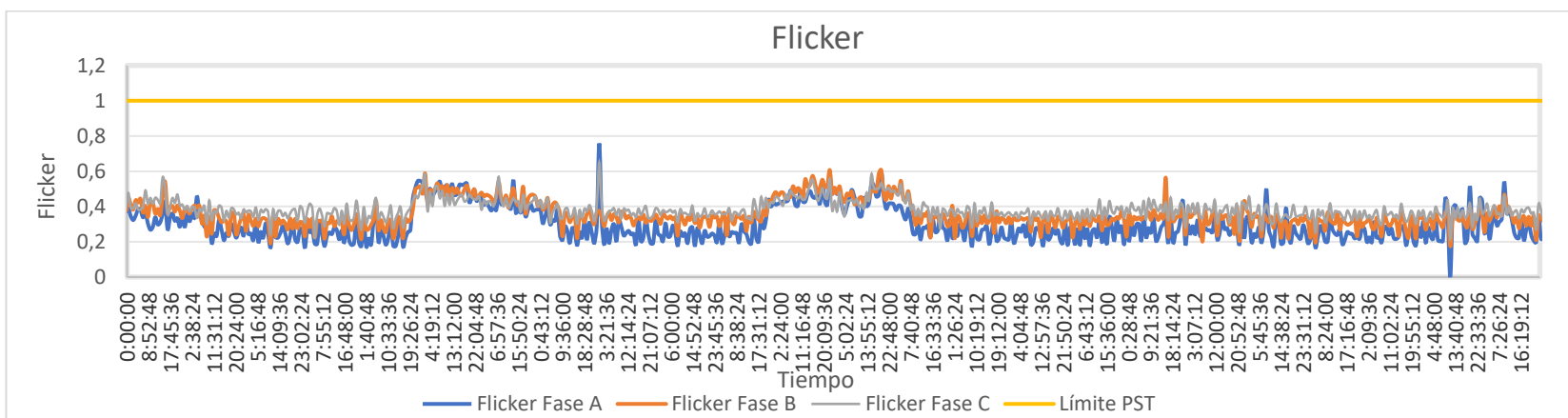


Gráfico 7.

Flicker

Fuente: Autor

Tabla 8. Registro de eventos SURGE y DIP

Fase L1, L2, L3	<20 ms	20...<100 ms	100...<500 ms	0,5...<1 s	1...<3 s	3...<20 s	20...<60 s	>= 1 min
Surge > 8,00%			3			4		1
Dip > 8,00%		1						
10...< 15 %								
15...< 30%	1	1						
30...< 60%		1						
60...< 99%								
Interrupción								

Fuente: Autor

En la Gráfica 7, se evidencia el comportamiento de las tres fases con respecto al parámetro de Flicker en donde se puede observar que el transformador tiene 0.03% de mediciones que incumplen el 5% admisible establecido en la Regulación ARCERNNR 002/20 en el período de medición, además existe SWELLS (Surge: picos de voltaje) y SAGS (Dip: Huecos de voltaje). No se observan interrupciones cortas en el período de análisis, sin embargo, el número de perturbaciones no son perjudiciales para las máquinas eléctricas.

En la Tabla 8, se evidencia el registro de 8 subidas de voltaje (Surge), en lo que corresponde a caídas de voltaje (Dip) se registran 4 eventos, perturbaciones que no son perjudiciales para las máquinas eléctricas del hospital. En cuanto a interrupciones cortas (< 3 min) no se registra presencia de estas, así como también para interrupciones largas (>= 3min) tampoco se registra presencia en las mediciones obtenidas.

2.3.6. Potencias aparentes por fase del transformador

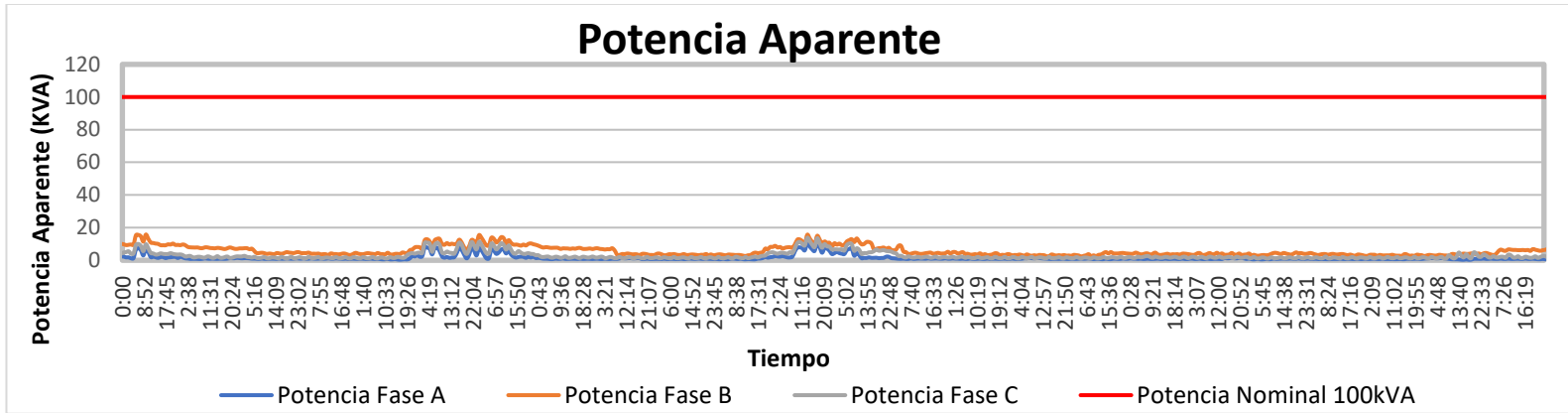


Gráfico 8.

Potencias aparente por fase del transformador

Fuente: Autor

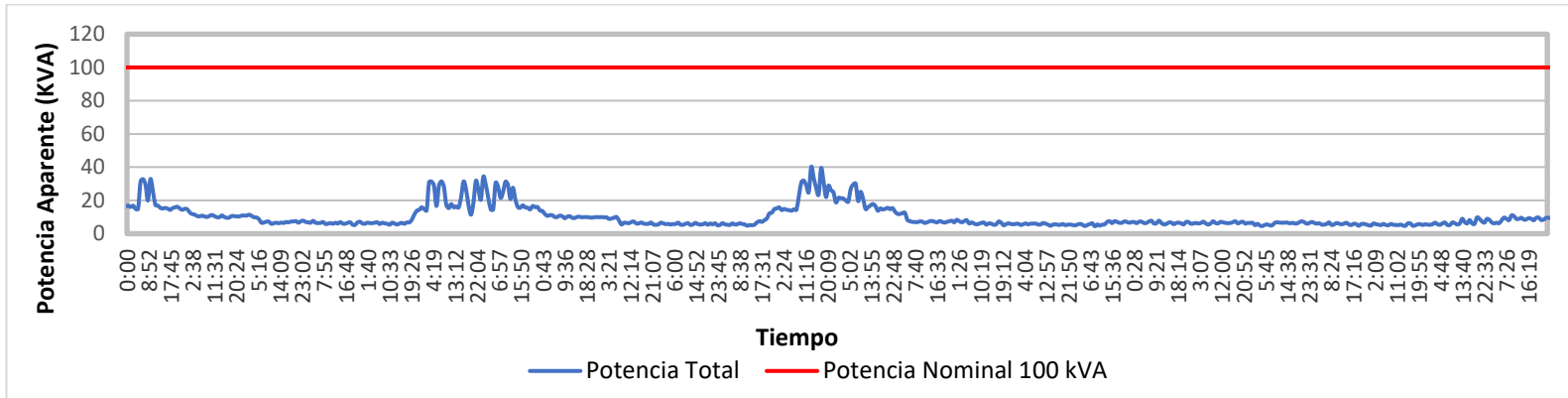


Gráfico 9.

Potencia aparente total del transformador

Fuente: Autor

Tabla 9. Potencia Aparente Máxima por Fase

Potencia Aparente Máxima		
Fase A	Fecha	Hora
10,6 kVA	29/09/2021	10:40 AM
Fase B		
18,97 kVA	29/09/2021	9:40 AM
Fase C		
14,85 kVA	29/09/2021	10:40 AM

Fuente: Autor

La Gráfica 8, muestra la potencia aparente por fase del transformador mientras que la Gráfica 9, muestra la potencia aparente total del transformador, en donde la cargabilidad del transformador es de un 43,98% de acuerdo con el dato del análisis del equipo instalado (Fluke modelo 1744), la potencia aparente máxima registrada fue de 43,98 kVA, siendo la potencia nominal del transformador de 100kVA, es decir que el transformador está sobredimensionado para la carga actual del hospital.

CAPITULO III

PROPUESTA TÉCNICA

3.1. Introducción

Luego de realizar el estudio de calidad de energía eléctrica y diagnóstico de las instalaciones eléctricas internas en el Hospital Básico Asdrúbal de la Torre de Cotacachi, uno de los problemas detectados es el desbalance de las cargas de las fases que conforman la red de instalaciones eléctricas internas del hospital, además de no contar con un sistema de puesta a tierra y tener un grupo electrógeno antiguo y discontinuado en repuestos, así como también cuenta con un tablero principal de alimentación en muy malas condiciones.

3.2. Balance de cargas

En el capítulo anterior se llegó a determinar que existe desbalance de cargas del transformador de 100 kVA objeto de estudio, el mismo que alimenta de energía a casi todas las áreas del hospital a excepción del área de rayos x, ya que dicha área esta alimentada por el transformador de 45 kVA.

Como se había mencionado anteriormente, la Fase B del transformador que alimenta a las instalaciones eléctricas internas del hospital presenta una mayor carga, mientras que la Fase A presenta la menor carga como se puede evidenciar en las mediciones obtenidos del análisis de calidad (ver anexo B4).

A continuación, en la Tabla 10, se identifica el balance de las cargas propuesto para cada una de las fases con su respectiva protección y consumo de energía, así como también el calibre del conductor y la tubería a utilizar.

Tabla 10. Balance de cargas

Circuit o	Alambrado		Descripción	Cantida d	Potencia individu al (W)	Potencia total (kW)			Interruptor termomagnétic o		Fases			Tiemp o (h/d)	Energí a kWh/d
	N.º	Conductor Recomendado				Φ	FASE A	FASE B	FASE C	Amperaj e	Polo s	A	B		
C1		#12	1/2 "	Equipo de emisiones	1	40	0,04			20	1	X		5	0,2
C2		#12	1/2 "	Audiómetro de diagnóstico	1	35		0,035		20	1		X	3	0,105
C3		#12	1/2 "	Equipo de diagnóstico portátil	6	50	0,3			20	1	X		2	0,6
C4		#12	1/2 "	Aspirador para entorno quirúrgico	3	200		0,6		20	1		X	6	3,6
C5		#12	1/2 "	Bomba de infusión volumétrica	7	65		0,455		20	1		X	6	2,73
C6		#12	1/2 "	Caja térmica	2	35	0,07			20	1	X		1	0,07
C7		#12	1/2 "	Bomba Centrífuga	6	20	0,12			20	1	X		7	0,84
C8		#10	1/2 "	Concentrador de oxígeno	17	400	6,8			63	1	X		12	81,6
C9		#12	1/2 "	Congelador para laboratorio	1	600		0,6		20	2		X	24	14,4
C10		#12	1/2 "	Cuna incubadora	3	200		0,6		20	1		X	24	14,4
C11		#12	1/2 "	Desfibrilador	4	300		1,2		30	1		X	2	2,4

C12	#12	1/2 "	Destilador de agua	2	15		0,03		20	1	X		3	0,09
C13	#12	1/2 "	Electrocauterio para uso ambulatorio	1	40		0,04		20	1	X		2	0,08
C14	#12	1/2 "	Esfigmomanómetro transportable	5	30		0,15		20	1	X		2	0,3
C15	#12	1/2 "	Espectrofotómetro dedicado para A. Nucleicos y Proteínas	2	50	0,1			20	1	X		3	0,3
C16	#12	1/2 "	Flujómetro con transductor de flujo	9	5		0,045		20	1	X		2	0,09
C17	#12	1/2 "	Horno esterilizador y despirogenerador de calor seco	4	5		0,02		20	1	X		5	0,1
C18	#12	1/2 "	Lámpara examen transportable consulta	2	15		0,03		20	1	X		4	0,12
C19	#12	1/2 "	Lámpara quirúrgica básica de techo	2	40		0,08		20	1	X		6	0,48
C20	#10	1/2 "	Mesa de operaciones electrohidráulica	3	1000			3	30	2		X	8	24
C21	#12	1/2 "	Monitor ante parto	3	60		0,18		20	1	X		8	1,44
C22	#10	1/2 "	Monitor de signos vitales básico	14	400		5,6		50	1	X		8	44,8

C23	#12	1/2 "	Nebulizador	4	18		0,072		20	1	X			12	0,864	
C24	#12	1/2 "	Negatoscopio de un cuerpo	5	15		0,075		20	1	X			3	0,225	
C25	#12	1/2 "	Refrigerador para Hogar	4	810	3,24			30	1	X			24	77,76	
C26	#12	1/2 "	Unidad o máquina básica de anestesia con monitorización de parámetros vitales	1	60		0,06		20	1	X			5	0,3	
C27	#12	1/2 "	Ventilador de transporte	1	150		0,15		20	1		X		3	0,45	
C28	#10	1/2 "	Computadoras	20	200			4	50	1			X	8	32	
C29	#10	1/2 "	Luminarias de poste Led	8	120		0,96		20	1		X		14	13,44	
C30	#12	1/2 "	Luminarias Led oficinas administrativas	15	40		0,6		50	1	X			14	8,4	
C31	#12	1/2 "	Lámparas 2 tubos led áreas hospitalarias	23	40	0,92			63	1	X			14	12,88	
C32	#8	3/4 "	Secadoras	2	270	0,27	0,27		40	2	X	X		8	0,583 2	
C33	#8	3/4 "	Lavadoras	2	2200			4,4	50	2			X	8	35,2	
Total							11,86 0	11,85 2	11,40							374,8 5

Fuente: Autor

Para realizar el balance de carga se procuró repartir la carga equivalentemente entre las tres fases:

$$\%D = \frac{\text{carga mayor} - \text{carga menor}}{\text{carga mayor}} \times 100\% \quad (2)$$

$$\%D = \frac{11.860 - 11.40}{11.860} \times 100\%$$

$$\%D = 1.87\%$$

Como se puede evidenciar en el resultado de la ecuación de balance al repartir la carga de forma equivalente se obtiene que el porcentaje es de 1.87%, el mismo que se encuentra dentro del rango permisible de la regulación vigente que establece un porcentaje máximo del 7%.

3.3. Diagrama unifilar

En cuanto al diagrama unifilar de la propuesta técnica tiene relación directa con el balance de cargas propuesto, ya que se tiene el número de circuitos con su respectiva protección como se muestra en la Figura 24 y en los anexos correspondientes (Anexos D1-D5).

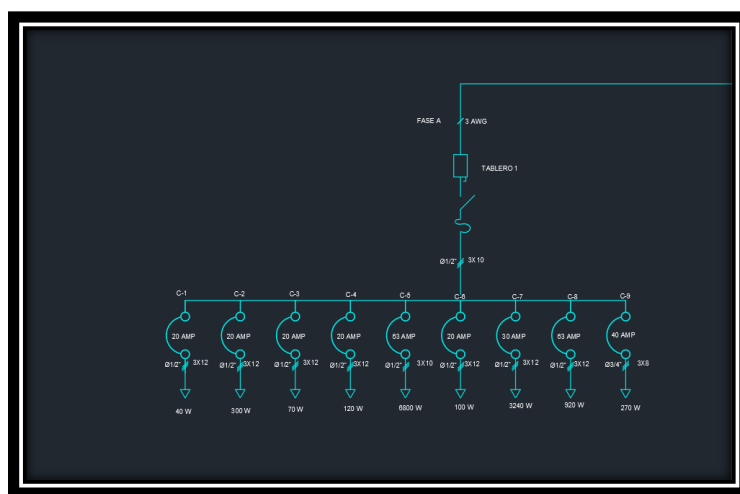


Figura 24. Diagrama unifilar propuesta
Fuente: Autor

3.4. Sistema de puesta a tierra

En el diagnóstico del estado actual de las instalaciones eléctricas internas del hospital no se identificó la existencia de un sistema de puesta a tierra, por lo que es necesario realizar un diseño de sistema de puesta a tierra (SPT) viable y que se acople a las condiciones físicas y geométricas del espacio disponible.

- Diseño de la malla de tierra del hospital

El diseño de la malla de puesta a tierra se realizó con datos de estudios referenciados de resistividad de tipos de suelo, ya que al no contar con un estudio de resistividad se optó por realizar un diseño que se ajuste a condiciones del tipo de suelo del cantón Cotacachi, como se puede ver en el mapa de la Figura 25 resaltado con color turquesa. Según (Gobierno

Autónomo Descentralizado Santa Ana de Cotacachi, 2015) , el 37% de la superficie cantonal se encuentra cubierta por suelos de textura fina y se trata de un suelo limo arcilloso.

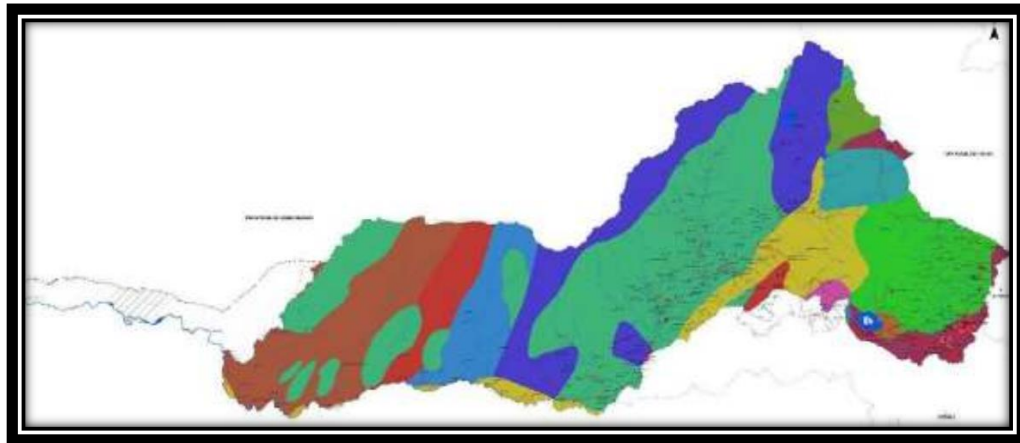


Figura 25. Mapa geológico del cantón Cotacachi.
Fuente: (Gobierno Autónomo Descentralizado Santa Ana de Cotacachi, 2015)

Para el diseño se tienen los siguientes datos:

Dimensiones del terreno in situ para puesta a tierra: $2 \times 6 \text{ m}^2$

Corriente máxima de falla: 1200 (A), de acuerdo con (NEC, 2018)

Resistividad del suelo (arcillas con grava): $30 \Omega \cdot \text{m}$ (Hurtado, 2016)

Resistividad de la superficie: $2500 \Omega \cdot \text{m}$ (Hurtado, 2016)

Tiempo máximo de falla: 0.5 ms (NEC, 2018)

- **Selección del conductor**

$$Ac = I \left(\frac{33t}{\log \left[\frac{Tm - Ta}{234 + Ta} + 1 \right]} \right)^{1/2} \quad (3)$$

Ac = Sección del conductor

I = Corriente máxima de falla (A)

Tm = Temperatura máxima en los nodos de la malla
(450°C con soldadura y 250°C con amarre).

Ta = Temperatura ambiente

t = Tiempo máximo de despeje de la falla (s).

Entonces: $T_m = 450^\circ \text{C}$; $T_a = 18^\circ \text{C}$

$$A_c = 1200A \left(\frac{33 * 05/1000s}{\log \left[\frac{450 - 18}{234 + 18} + 1 \right]} \right)^{1/2}$$

$$A_c = 22.89 \text{ cm}$$

La malla reticulada será elaborada con un conductor 4 AWG, con sección transversal de (21.14 mm^2) .

- **Elección de la malla**

Determinación de los coeficientes K_m , K_i , K_s .

Para determinar dichos coeficientes es necesario tener en cuenta lo siguiente:

A = Longitud de la malla (m)

B = Ancho de la malla (m)

L = Longitud total del conductor (m)

n = Número de conductores en paralelo de la longitud A .

m = Número de conductores en paralelo de la longitud B .

D = Espaciamiento entre conductores (m)

h = Profundidad de enterramiento (m).

$d = 0.00519$ (m).

La longitud total del conductor está dada por:

$$L = n * A + m * B \quad (4)$$

K_m es:

$$K_m = \frac{1}{2\pi} \ln \left[\frac{D^2}{16hd} \right] + \frac{1}{\pi} \ln \left[\frac{3}{4} * \frac{5}{6} * \frac{7}{8} \dots \frac{2n-3}{2(n-1)} \right] \quad (5)$$

K_i es:

$$K_i = 0.656 + 0.172n \quad (6)$$

K_s es:

$$K_s = \frac{1}{\pi} \left(\frac{1}{2h} + \frac{1}{D+h} + \frac{1}{2D} + \frac{1}{3D} + \dots \right) \quad (7)$$

Se tienen reticulados de 1 m

Por lo tanto:

$$A = 6\text{ m}$$

$$B = 2\text{ m}$$

$$n = 7.$$

$$m = 3.$$

$$D = 1\text{ m}$$

$$h = 0.6\text{ m}.$$

d = Diámetro del conductor (m).

$$L = (6*7) + (2*3) = 48\text{ m}$$

$$Km = \frac{1}{2\pi} \ln \left[\frac{1^2}{16 * 0.60 * 0.00519} \right] + \frac{1}{\pi} \ln \left[\frac{3}{4} * \frac{5}{6} * \frac{7}{8} * \frac{9}{10} * \frac{11}{12} \right]$$

$$Km = 0.22400$$

$$Ki = 0.656 + (0.172 * 7)$$

$$Ki = 1.86$$

Ks es:

$$K_s = \frac{1}{\pi} \left(\frac{1}{2 * 0.60} + \frac{1}{1 + 0.6} + \frac{1}{2 * 1} + \frac{1}{3 * 1} \right)$$

$$K_s = 0.7294$$

- Cálculo de las tensiones permisibles de paso y toque:

Tensión de paso:

$$E_p = \left(\frac{165 + \rho_s}{\sqrt{t}} \right) \quad (8)$$

E_p = Tensión de paso permisible en voltios

ρ_s = Resistividad de la superficie del terreno en $\Omega \cdot \text{m}$

t = Duración máxima de falla en (s).

$$Ep = \left(\frac{165+2500}{\sqrt{0.0005s}} \right)$$

$$Ep = 119182.4232V$$

Tensión de contacto:

$$Et = \left(\frac{165+0.25\rho_s}{\sqrt{t}} \right) \quad (9)$$

Et = Tensión de toque permisibles en voltios

$$Et = \left(\frac{165+0.25*2500}{\sqrt{0.0005s}} \right)$$

$$Et = 35329.87V$$

Los valores reales son:

$$Ep = ks * ki \left(\frac{\rho * I}{L} \right) \quad (10)$$

En donde:

Ep = Tensión de paso real en voltios

ρ = Resistividad del terreno en $\Omega \cdot m$

ks = Coeficiente que tiene en cuenta, la influencia combinada de la profundidad y del espaciamiento de la malla.

ki = Coeficiente de irregularidad del suelo

I = Corriente máxima de falla (A)

L = longitud total del conductor

$$Ep = 0.72 * 1.86 \left(\frac{30+1200}{48} \right)$$

$$Ep = 34.317V < 119182.4232V$$

Los valores reales de tensión de contacto son:

$$Et = km * ki \left(\frac{\rho * I}{L} \right) \quad (11)$$

En donde:

Et = Tensión de contacto real en voltios

km = Coeficiente que tiene en cuenta las características geométricas de la malla.

$$Ep = 0.22 * 1.86 \left(\frac{30+1200}{48} \right)$$

$$Ep = 10.48V < 35329.87V$$

Debido a que los valores reales cumplen, se continúa con el cálculo mediante el método de Laurent y Niemann.

Utilizando el método de Laurent y Niemann.

Este método es bastante aproximado en su cálculo y la expresión es:

$$R = 0.443\rho \left(\frac{1}{\sqrt{A_y}} + \frac{1}{L} \right) \quad (13)$$

Donde:

R= resistencia en Ohmios.

ρ = resistividad del suelo

L= longitud total del conductor

A_y = área de la malla de puesta a tierra

$$R = 0.443 * 30 \left(\frac{1}{\sqrt{12}} + \frac{1}{48} \right)$$

$$R = 4.113 \Omega < 5 \Omega$$

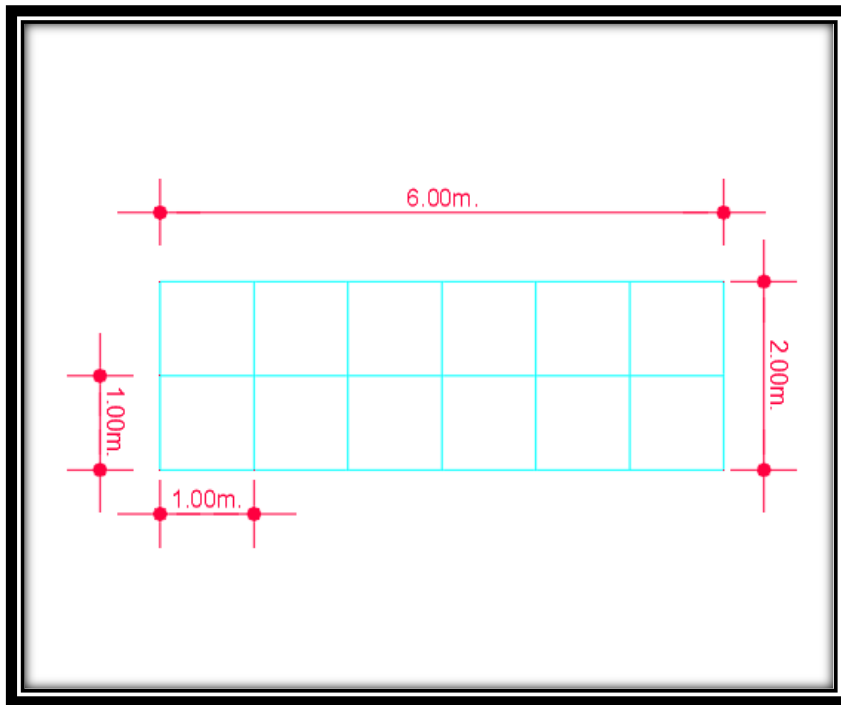


Figura 26. Diseño malla puesta a tierra
Fuente: Autor

Como se puede observar el valor calculado de la resistencia de la malla de puesta a tierra es menor al valor de la resistencia permitida, por lo que el diseño tomando en cuenta las condiciones particulares del suelo es una alternativa que se puede implementar en el hospital y de esta manera resguardar la seguridad de las personas y de los equipos con los que cuenta la institución de salud. En la Figura 26, se observa el diseño de la malla de la propuesta del sistema de puesta a tierra.

3.5. Niveles de Iluminación

La iluminación en cada una de las áreas de una edificación de salud es muy importante, ya que de ello depende una buena atención e identificación de problemas con respecto a la salud del paciente. Para obtener los valores de los diferentes niveles de iluminación se utilizó un luxómetro Tenmars serie TM-204 como se muestra en la Figura 27



Figura 27. Toma de datos luxómetro serie TM-204
Fuente: Autor

Las mediciones que se obtuvieron se muestran en la Tabla 11 las cuales son el promedio de las diferentes mediciones tomadas en las diferentes áreas del hospital.

Tabla 11. Niveles de iluminación Hospital Asdrúbal de la Torre de Cotacachi

Áreas	Iluminación medida (Lux)	Iluminación recomendada (NEC)	Resultados lumínicos (Lux)			Número de luminarias por área	Potencia (W)
			Mín.	Máx.	Media		
Sala de espera	175	200	74,1	338	226	6	32,5
Oficina	362	500	268	538	430	2	32,5
Consultorio 1	258	300	234	583	432	3	32,5
Consultorio 2	265	300	234	583	432	3	32,5
Consultorio 3	265	300	234	583	432	3	32,5
Consultorio 4	287	300	234	583	432	3	32,5
Estadística	200	300	162	533	370	8	32,5
Vacunas	298	300	200	488	363	2	32,5
Farmacia	286	300	120	554	338	9	32,5
Consultorio 5	256	300	234	583	432	3	32,5
Consultorio 6	235	100	234	583	432	3	32,5
Consultorio 7	300	300	234	583	432	3	32,5
Consultorio 8	295	300	234	583	432	3	32,5
Farmacia emergencia	278	300	213	500	378	2	32,5
Oficina laboratorio	289	300	179	481	346	2	32,5
Laboratorio	398	500	296	682	545	6	32,5
Observación	500	1000	722	1623	1258	12	32,5
Observación emergencia	752	1000	740	1499	1241	15	32,5
Triaje	270	300	166	482	339	2	32,5
Oficina rayos x	300	300	271	549	439	2	32,5
Mamógrafo	300	300	158	512	353	3	32,5
Vestidor	125	300	204	490	367	2	32,5
Sala de partos 1	290	300	116	592	354	3	32,5
Sala de partos 2	287	300	116	592	354	3	32,5
Quirófano	1000	1000	578	1315	1049	16	32,5
Bodega 1	186	300	283	560	448	2	32,5
Estación de enfermería	196	300	173	448	348	8	32,5
Habitación 1	298	300	243	547	450	6	32,5
Habitación 2	280	300	243	547	450	6	32,5
Habitación 3	300	300	243	547	450	6	32,5
Habitación 4	285	300	243	547	450	6	32,5
Sala de recuperación	204	300	179	376	313	2	32,5
Esterilización	250	300	162	524	364	4	32,5

Bodega 2	98	300	283	560	448	2	32,5
Bodega 3	175	300	283	560	448	2	32,5
Bodega 4	174	300	283	560	448	2	32,5
Aislamiento	256	300	157	345	267	1	32,5
Limpieza	45	300	224	369	310	1	32,5
Lavandería	287	300	149	518	349	4	32,5
Oficina enfermería	250	300	179	552	382	3	32,5
Cocina	200	300	189	493	375	4	32,5
Alacena 1	176	300	264	515	418	2	32,5
Alacena 2	152	300	240	456	375	2	32,5
Caldero	95	300	130	599	369	3	32,5
Tablero de alimentación	62	300	249	465	384	2	32,5
Generador	125	300	248	448	381	2	32,5
Comedor	208	300	185	445	372	6	32,5
Psicoprofilaxis	295	300	160	599	389	3	32,5
Cuarto de costura	178	300	127	598	365	3	32,5
Vestidor 1	200	300	204	490	367	2	32,5
Vestidor 2	203	300	204	490	367	2	32,5
Vacunas	187	300	200	488	363	2	32,5
Oficina dirección	250	300	268	538	372	2	32,5
Oficina administración	275	300	268	538	354	2	32,5
Morgue	284	300	260	530	420	2	32,5
Taller	142	300	159	466	328	2	32,5
Odontología	200	300	169	444	352	6	32,5
Baños	150	200	205	356	294	1	32,5

Fuente: Autor

La Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), en el apartado 13.A.5 indica la tabla de iluminación, limitación de deslumbramiento y calidad del calor, con los valores de niveles de iluminación mínimos recomendados. Los datos obtenidos son comparados con los recomendados por la NEC, en donde se observó que el 22.79% de las áreas del hospital incumplen con el nivel mínimo de iluminación recomendado. Una de las causas son los diferentes tipos de luminarias que se encuentran colocadas en el hospital, por lo que en el balance de cargas se realizó el cálculo tomando en cuenta un solo tipo de luminarias. En la tabla 11, se muestra los resultados de los parámetros lumínicos al realizar el estudio lumínico mediante el software Dialux utilizando un solo tipo de luminaria (anexos E1-E4).

3.6. Tablero de alimentación y grupo electrógeno

En lo que corresponde al tablero de alimentación principal con el que cuenta el hospital se observó que se encuentra en muy malas condiciones mediante la inspección y diagnóstico de las instalaciones, pudiendo identificar problemas con el cableado que se encuentra deteriorado por el tiempo de vida útil que ya este ha sido superado, el estado de las barras de distribución muestran sulfatación en sus bornes y una desorganización total del cableado de los circuitos debido a que no cuenta con un gabinete y canaletas por donde pueda ser conducido y distribuido el cableado de una forma ordenada.

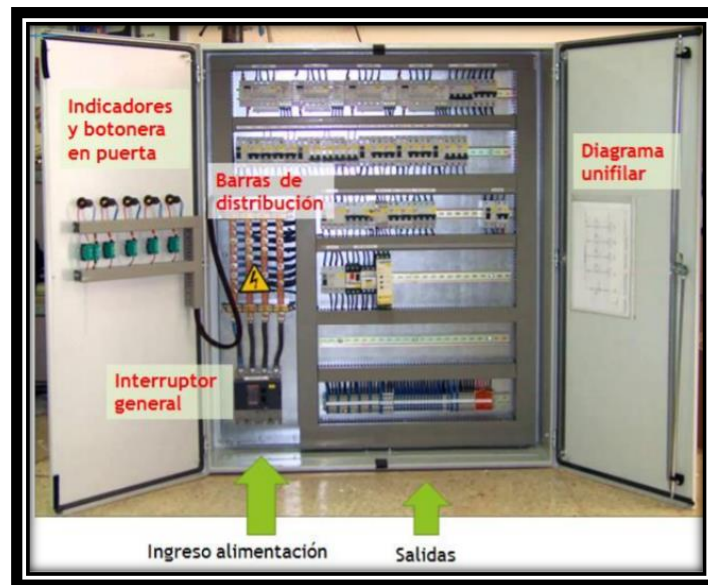


Figura 28. Tablero de alimentación principal
Fuente: (Universidad Nacional de la Plata, 2022)

Por lo tanto, es imprescindible la adquisición de un tablero moderno en donde se puedan identificar las partes que lo conforman fácilmente por el personal autorizado de mantenimiento como se muestra en la Figura 28.

Como se identificó en el capítulo anterior, los repuestos del grupo electrógeno se encuentran discontinuados ya que en el mercado no se los encuentran con facilidad. Cuando se requiere realizar un cambio de algunas de sus piezas se debe hacer adaptaciones o mandar a fabricar si es alguna pieza mecánica del generador que requiera cambio y no exista en el mercado, esta es una de las principales razones por la que es recomendable la adquisición de un nuevo generador que se ajuste a las condiciones del hospital. El generador bifásico tiene una potencia aparente de 20 kVA de acuerdo con su placa de características y alimenta las áreas de

emergencia, quirófano, laboratorio, sala de partos, las cuales necesitan tener un flujo de energía continuo.



Figura 29. Generador trifásico 12kVA
Fuente: (Alibaba, 2022)

Para satisfacer la energía requerida por las áreas que alimenta el generador, el nuevo generador que se vaya a adquirir debe ser trifásico de 12kVA como se muestra en la Figura 29, ya que en el balance de carga de la propuesta técnica la potencia total máxima en una de las fases es 11.86 kW, de tal forma que podría satisfacer sin ningún inconveniente solamente las áreas denominadas imprescindibles ya que por fase necesita satisfacer un 30% en cada una de las mismas.

3.7. Resumen de soluciones mediante la propuesta técnica

Una vez propuestas las soluciones técnicas a los problemas encontrados en el capítulo 2, en la Tabla 12 se encuentra un resumen de estas, mostrando el valor del equipamiento a utilizarse en la posible implementación de la propuesta técnica.

Tabla 12. Resumen de soluciones propuesta técnica

Transformador	Problema	Solución	Equipo	Unidad	Cantidad	Costo
100kVA	Desbalance de cargas	Propuesta de balance de cargas cambio de luminarias	Servicio de ingeniería	u	1	150
	Diagrama unifilar	Propuesta de diagrama unifilar de acuerdo con el balance de cargas	Servicio de ingeniería	u	1	150
	Sistema de puesta a tierra	Diseño de una malla de puesta a tierra	Varilla Coperweld 2.4 m 5/8"	u	9	120
			Punto unión suelda exotérmica	pto	21	150
			Conductor de Cu, aislado, cableado desnudo # 4 AWG	m	32	160
			Servicio de ingeniería y mano de obra	u	1	1500
	Niveles de iluminación	Unificación del tipo de luminarias interiores y exteriores	Servicio de ingeniería y mano de obra	u	1	500
			Luminaria Philips RC402B PSD W31L 125 LED 36S/830	u	252	8820
	Tablero de alimentación principal	Adquisición de un tablero	Servicio de ingeniería y mano de obra	u	1	6000
	Generador	Adquisición de un generador 15kVA	Servicio de ingeniería y mano de obra	u	1	1800
Inversión total						19350

Fuente: Autor

La presente propuesta técnica está enfocada en mejorar el criterio de mejoramiento de las instalaciones eléctricas internas del hospital reduciendo los riesgos que involucren cortocircuitos por sobrecarga de circuitos, bajos niveles de iluminación por mala elección de luminarias, calentamiento excesivo de conductores, una correcta distribución y peinado del cableado en el tablero de alimentación principal, entre otros.

Conclusiones

Se realizó el estudio de los diferentes parámetros, acciones y normativas que inciden en la calidad de energía necesarios para el mejoramiento de las instalaciones eléctricas internas del hospital. De esta manera se determinó que la regulación vigente que rige a nivel nacional es la ARCERNR 002/20, la cual presenta límites permisibles que regulan los sistemas eléctricos en todo ámbito ya sea comercial, industrial o residencial. Entre los parámetros se destacan los niveles de voltaje, perturbaciones, flicker, desbalances de voltaje, armónicos de voltaje y factor de potencia. Con base al funcionamiento de estos parámetros es posible determinar la calidad de la energía eléctrica que se maneja en el hospital. Otro aspecto importante es analizar los criterios técnicos de otras normativas como por ejemplo la NEC que permitan mitigar y controlar las falencias que puedan presentarse en los parámetros de un sistema eléctrico.

De acuerdo con el diagnóstico realizado en las instalaciones eléctricas internas del hospital Básico Asdrúbal de la Torre de Cotacachi se determinó que los niveles de voltaje, perturbaciones, Flickers, armónicos de voltaje, factor de potencia y cargabilidad se encuentran dentro del límite permisible de acuerdo con la regulación vigente. Por otra parte, se encontró anomalías en el desbalance de cargas. Además, se analizó cada uno de los subtableros de distribución y se concluye que los dispositivos de maniobra y control, y los conductores están correctamente dimensionados, sin embargo, algunos de estos elementos ya se encuentran en mal estado por el uso y tiempo de servicio, además se encontró al tablero de alimentación principal en malas condiciones debido a que sobrepasado el tiempo de vida útil.

Al realizar la propuesta técnica se dieron posibles soluciones que el hospital podría implementar para solventar los problemas diagnosticados mediante el levantamiento de información y el estudio de calidad de energía eléctrica, tales como el balance de carga en las tres fases de una forma equilibrada, el diseño de una malla de puesta a tierra que cumple con los parámetros de diseño en condiciones desfavorables y acoplada a la geometría del espacio físico que se dispone, además de la adquisición de un nuevo grupo electrógeno y un tablero de alimentación principal que es imprescindible para un correcto funcionamiento de la institución y de esta manera siga ofreciendo el servicio de salud con calidad.

Recomendaciones

Se sugiere que se continúe con el estudio y en la institución se implemente un manual para el levantamiento de información permanente para el personal de mantenimiento de la institución, y llevar un registro de cada una de las fallas que se presenten en el sistema eléctrico, para que de esta manera en el histórico de fallas se pueda evidenciar el número de incidencias y tener una estadística para poder realizar un mantenimiento predictivo y posterior un mantenimiento preventivo o correctivo de los problemas encontrados.

Es importante que en el hospital se realicen estudios complementarios con normativas específicas del área médica y la regulación vigente enfocadas a mejorar la calidad de energía eléctrica, con el fin de optimizar las condiciones de trabajo buscando de esta manera la excelencia al momento de brindar un servicio médico de calidad.

Es recomendable que se realice un estudio y análisis de diferentes alternativas de sistemas de puesta a tierra en el hospital.

REFERENCIAS

- ABRADEE. (2018). *Asociación Brasileña de los distribuidores de electricidad*. Obtenido de abradee.org.br/setor-eletrico/redes-de-energia-eletrica/
- Aguirre Montoya, Á. H. (2016). *Análisis de la Calidad del Sistema de Distribución de Energía Eléctrica del Hospital Sagrado Corazón De Jesús del Cantón Quevedo*. Obtenido de <http://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/1416>
- Albuja, L. A., & Soria, P. D. (2017). *Elaboración de un sistema de gestión energética para el hospital Baca Ortiz de Quito, según normativa INEN NTE ISO 50001*. Obtenido de <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/18844>
- Alejandro, M. F. (2012). *Calidad de energía: mediciones amromicas de tension en una instalacion urbana*. Argentina: edUTecNe. Recuperado el 05 de 03 de 2021
- Alibaba. (13 de 07 de 2022). Obtenido de <https://spanish.alibaba.com/p-detail/Single-1600181659290.html?spm=a2700.7724857.0.0.12a8112dtm675p&s=p>
- ARCONEL. (2018). Proyecto de Regulación Sobre Calidad del Servicio de Distribución y Comercialización de Energía Eléctrica. Obtenido de https://www.regulacioneolica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/12/2018_12_14_Informe-de-Sustento_Regulaci%C2%A6n-de-Calidad-Final-1.pdf
- Asociación Española para la Calidad AEC. (2018). *Auditoría Energética*. Obtenido de <https://www.aec.es/web/guest/centro-conocimiento/auditoria-energetica>
- Briano, J. I., Báez, M. J., & Moya Morales, R. (2016). *Estado de la eficiencia energética en Ecuador: identificación de oportunidades*. Obtenido de <http://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/cg00385.pdf>
- Calidad de Energía Eléctrica*. (2016). Obtenido de <http://intranet2.minem.gob.pe/web/archivos/dge/publicaciones/uso/1/01/03/01/II.6.Calidadd%20de%20energ%C3%ADa%20el%C3%A9ctrica.htm>
- Cely Barrera, D., & Salamanca Céspedes, J. (2010). *Diseño de un rectificador no controlado con filtros pasivos para las disminución de armónicos en la red*. Colombia. Recuperado el 15 de 03 de 2021, de <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/23156/CelyBarreraDiegoAlejandro2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Céspedes Molano, L. E. (marzo de 2007). *Evaluzación Técnica y Diagnóstico de la Calidad de Energía Eléctrica en la planta QUALA S.A.* Obtenido de <https://es.pdfdrive.com/evaluaci%C3%B3n-t%C3%A9cnica-y-diagnostico-de-la-calidad-de-energ%C3%ADa-el%C3%A9ctrica-en-la-planta-quala-sa-luis-ernesto-e75848886.html>
- Chávez, D. F., Abad, J., & Arcos, H. N. (2018). Desarrollo de una Herramienta Software para la Detección y Ubicación de Fallas en un Sistema Eléctrico de Potencia usando el módulo DPL de DlgSILENT PowerFactory. *Técnica "Energía"*, 17-25.

- Chuquín Potosí, L. F. (2019). *Propuesta Técnica de la eficiencia energética eléctrica en el hospital San Luis de Otavalo*. Obtenido de <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/9965>
- Cidrás, J., & Carrillo, C. (2017). *Fenómeno del Parpadeo*. Obtenido de http://carrillo.webs.uvigo.es/publicaciones/Apuntes_Flicker_prot.pdf
- COLOMBIANA, N. T. (25 de 11 de 1998). *NTC 2050*. Obtenido de https://www.armada.mil.co/sites/default/files/normograma_arc/mantenimiento1/NTC%20%202050.pdf
- Farinango Estévez, C. D. (2020). *Evaluación del Consumo Energético y Huella de Carbono del Edificio FICAYA de la Universidad Técnica del Norte*. Obtenido de <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/10432>
- Fluke. (2017). *Fluke 1748*.
- García Gago, S. (20 de 10 de 2021). *Manual para radioaficionados analfatécnicos*. Obtenido de <https://www.analfatecnicos.net/archivos/08.PuestaATierra.pdf>
- Gobierno Autónomo Descentralizado Santa Ana de Cotacachi. (2015). *Plan de desarrollo y ordenamiento territorial cantón Cotacachi*. Recuperado el 2022, de <https://www.imbabura.gob.ec/phocadownloadpap/K-Planes-programas/PDOT/Cantonal/PDOT%20COTACACHI.pdf>
- Gómez Cabaliña, E. (2016). *Análisis técnico y económico de corrección del factor de potencia*. Perú. Recuperado el 13 de 03 de 2021, de https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/9565/gomez_ce.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Guamán Montalván, S. M., & Huilca Cabay, J. R. (2017). *Auditoría eléctrica en el hospital de especialidades de las Fuerzas Armadas N1*. Obtenido de <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/17260>
- Harper, G. E. (2006). *La calidad de la energía en los sistemas eléctricos*. México: Limusa-Wiley.
- Hurtado, L. S. (2016). *Tesis Diseño de Malla Puesta a Tierra*. Obtenido de (<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/2113/13/UPS-GT000146.pdf>)
- IMPROSELEC S.A. (2020). *Análisis de Calidad de Energía*. Obtenido de <https://improselec.com/analisis-de-calidad-de-energia/>
- INEN. (2010). *TABLEROS, GABINETES, CAJAS DE PASO, CAJAS DE ALUMBRADO, RACKS Y ACCESORIOS DE RACK. REQUISITOS*. Quito.
- Jaramillo Mata, A. (2013). *Efectos de perturbaciones*. Colombia. Recuperado el 01 de 04 de 2021, de <file:///C:/Users/Andres/Documents/9no%20semestre/Trabajo%20de%20Grado/2do%20bimestre/pdf%20calidad%20de%20energia/256-1037-1-PB.pdf>
- Jr., J. J. (1996). *Análisis de Sistemas de Potencia*. Mexico: McGraw Hill.

- Marulanda Durango, J. J., Escobar Mejía, A., & Alzate Gómez, A. (2016). Estudio comparativo de cinco estrategias de compensación de armónicos en filtros activos de potencia. *Tecnure*, 18. Recuperado el 07 de 03 de 2021, de <https://www.redalyc.org/pdf/2570/257051186002.pdf>
- Método de resistividad eléctrica*. (2022). Obtenido de Método de resistividad eléctrica: http://virtual.umng.edu.co/distancia/ecosistema/ovas/ingenieria_civil/investigacion_y_exploracion_del_subsuelo/unidad_3/medios/documentacion/p12h9.php
- Mora Flórez, J. J. (2002). *Fluctuaciones de Tensión y Flicker*. Obtenido de <https://www.yumpu.com/es/document/read/29468786/fluctuaciones-de-tensian-y-flicker-udg>
- Morales Quispe, P. (2014). *Análisis de filtros para mitigar corrientes en baja tensión*. Perú. Recuperado el 07 de 02 de 2021, de <http://repositorio.unsaac.edu.pe/bitstream/handle/UNSAAC/1555/253T20140159.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- NEC. (2013). *INSTALACIONES ELECTROMECHANICAS*. convenio miduvi.
- NEC. (2018). *Norma Ecuatoriana de la Construcción*.
- Nemer, K. (Mayo de 2013). *ResearchGate GmbH*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/236862181_INTRODUCCION_A_LOS_ANFIS-L
- Ogata, K. (1998). *Ingeniería de Control Moderna*. México DF: Pearson.
- Peláez Samaniego, M. R., & Espinoza Abad, J. L. (2015). Eficiencia energética y ahorro de energía en el Ecuador. *Energías renovables en el Ecuador-Situación actual, tendencias y perspectivas*.
- Ramírez Castaño, S. (2003). *Protección de Sistemas Eléctricos*. Colombia.
- Ramos Ramos, E. D., & Riveros Arcaya, E. S. (2018). *Análisis de la eficiencia energética y calidad de energía eléctrica en las plantas industriales de procesamiento de alimentos*. Perú. Recuperado el 07 de 04 de 2021
- Regulación No. ARCERNR 002/20. (2020). Recuperado el 02 de 02 de 2021, de <http://www.controlrecursosyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/01/Regulacion-002-20.pdf>
- Rodríguez Chogollo, R. I. (2012). *Análisis de la Calidad de Energía en el Sistema Eléctrico, Utilizando Equipo de medición de Parámetros de sistemas Fotovoltáicos*. Obtenido de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/683>
- Santillán Montalvo, W. D., & Rivera Jara, C. A. (2015). *Análisis de Calidad de Energía Eléctrica en el Área Centro de Diagnóstico por imágenes del Hospital Luis Vernaza Usando la Regulación CONELEC No.004/01*. Obtenido de <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/123456789/39652/D-103174.pdf?sequence=-1&isAllowed=y>

- Saucedo Martínez, D. A., Taxis Villagran, J. L., & Flores Cabrera, Z. C. (2008). *Factores que Afectan la Calidad de la Energía y su Solución*. Obtenido de <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/429/FINALsauicedomtzt.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Silva, M. Á. (2005). Calidad de Energía Eléctrica. 75-84.
- Tecnología y Cultura Afirmando el conocimiento. (20 de 10 de 2021). *Redalyc.org*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/2570/257046835003.pdf>
- Universidad Nacional de la Plata. (2022). Obtenido de <https://unlp.edu.ar/frontend/media/90/33790/49cdae8cd1a7709f8adecd349c9ae455.pdf>
- Vélez Osorio, O. J., & Peláez Delgado, D. (2008). *Evaluación de la Calidad de Energía en la Universidad Tecnológica de Pereira*. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/71395435.pdf>
- Vera Aranibar, R. G. (2019). *Compensación de energía reactiva y mejoramiento del factor de potencia*. Bolivia. Recuperado el 15 de 02 de 2021, de <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/22412/EG-2267.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Wikipedia. (23 de Noviembre de 2020). *Régimen transitorio*. Obtenido de [https://es.wikipedia.org/wiki/R%C3%A9gimen_transitorio_\(electr%C3%B3nica\)#:~:text=Se%20llama%20r%C3%A9gimen%20transitorio%2C%20o,bien%20la%20excitaci%C3%B3n%20del%20mismo.](https://es.wikipedia.org/wiki/R%C3%A9gimen_transitorio_(electr%C3%B3nica)#:~:text=Se%20llama%20r%C3%A9gimen%20transitorio%2C%20o,bien%20la%20excitaci%C3%B3n%20del%20mismo.)
- Yépez Reyes, E. S. (2015). "Gestión de la calidad en prevención y control de infecciones en hospitales públicos de Imbabura, 2015". Obtenido de <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/4585>

ANEXOS

ANEXO A1: Plano arquitectónico del hospital



ANEXO B1: Mediciones de voltajes y corrientes

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
1	PQ Log	Potencia																	
2	1744 Power C	Número de serie: 20984DA/G1																	
3	Código de medición:																		
4	Periodo de medición:	10 minutos																	
5	Tensión nominal:	127 V																	
6	Tensión:	230 V	Factor de Corrección:	1															
7	Corriente:	15 A	Factor de Corrección:	1															
8	Fecha	Hora: 22/09/2021		13:17:07															
9																			
10	Fecha	Hora	V medio L1	V medio L2	V medio L3	V 8%+	V 8%-	I medio L1	I medio L2	I medio L3	I medio N	THD V medio L1	THD V medio L2	THD V medio L3	THD I medio L1	THD I medio L2	THD I medio L3		
11			V	V	V			A	A	A	A	%	%	%	%	%	%	%	
12	22/09/2021	10:30:00	128,16	127	128,56	130,17	137,16	116,84	17,45	58,19	41,5	34,95	3,63	8	4,77	4,73	26,6	28,6	19,1
13	22/09/2021	11:30:00	127,79	127	127,74	131,01	137,16	116,84	12,52	60,26	35,93	43,7	3,74	8	4,89	4,96	42,2	27,5	23,3
14	22/09/2021	12:30:00	127,53	127	128,22	130,63	137,16	116,84	15,17	56,68	36,05	39,81	3,75	8	4,97	4,95	30,1	31,1	23,2
15	22/09/2021	13:30:00	127,26	127	128,41	130,21	137,16	116,84	18,95	56,42	35,61	35,5	3,64	8	4,89	4,81	19,9	31	22,8
16	22/09/2021	14:30:00	127,35	127	128,76	129,49	137,16	116,84	22,1	53,74	35,11	29,66	3,64	8	4,76	4,73	17,4	32,3	21,8
17	22/09/2021	15:30:00	127,61	127	127,69	129,9	137,16	116,84	20,39	54,06	39,38	37,51	3,5	8	4,73	4,77	18,7	29,9	21,8
18	22/09/2021	16:30:00	127,01	127	126,94	129,14	137,16	116,84	65,24	101,3	95,73	38,74	3,58	8	4,86	4,75	5,59	16,9	8,11
19	22/09/2021	17:30:00	127,02	127	127,19	128,43	137,16	116,84	68,6	100,3	98,3	34,5	3,61	8	4,85	4,72	4,97	16,9	7,97
20	22/09/2021	18:30:00	126,85	127	127,15	129,64	137,16	116,84	53,74	93,25	78,09	41,45	3,8	8	5,28	4,94	7,04	20,4	9,82
21	22/09/2021	19:30:00	126,51	127	126,98	131,37	137,16	116,84	22,87	75,98	46,59	55,33	3,87	8	5,11	4,95	18,3	22,6	18,1
22	22/09/2021	20:30:00	126,38	127	127,45	131,67	137,16	116,84	13,07	75,95	36,05	53,61	3,86	8	5,01	4,84	36,3	22,6	21,7
23	22/09/2021	21:30:00	126,59	127	127,98	131,45	137,16	116,84	16,96	78,14	38,26	49,4	3,85	8	5,18	4,87	24,2	23,7	19,3
24	22/09/2021	22:30:00	126,41	127	127,17	132,67	137,16	116,84	14,38	83,51	32,77	61,66	3,85	8	5,06	4,87	31,6	20,3	24,3
25	22/09/2021	23:30:00	126,45	127	127,7	132,52	137,16	116,84	18,08	79,56	30,87	56,86	3,69	8	4,85	4,8	20,5	20,4	26,7
26	22/09/2021	0:30:00	127,01	127	128	132,05	137,16	116,84	17,86	77,2	36,41	50,22	3,7	8	4,74	4,67	20,1	20,4	21,6
27	22/09/2021	1:30:00	127,32	127	128,64	132,09	137,16	116,84	14,27	72,81	38,54	48,03	3,9	8	5,01	4,85	28,1	23,8	21,4

ANEXO B2: Datos de flicker

10	THD I medio	THD I medio N	Flicker Pst L1	Flicker Pst L2	Flicker Pst L3	PF L1	PF L2	PF L3	PF total		Cos Phi L1	Cos Phi L2	Cos Phi L3	Cos Phi total	P medio L1	P L1	P medio L2	P L2	
11	%	%	Pst	Pst	Pst										W	KW	W	KW	
12	19,1	97,3	0,383	1	0,376	0,333	0,955	0,934	0,915	0,93	1	0,998	0,981	0,935	0,967	2097,443	2,097443	6945,085	6,945
13	23,3	70	0,422	1	0,446	0,442	0,903	0,932	0,928	0,927	1	0,997	0,975	0,962	0,973	1436,847	1,436847	7123,466	7,123
14	23,2	82,7	0,378	1	0,402	0,321	0,918	0,935	0,935	0,933	1	0,98	0,989	0,971	0,982	1713,239	1,713239	6727,5	6,7
15	22,8	98	0,417	1	0,441	0,433	0,971	0,937	0,935	0,942	1	0,996	0,99	0,972	0,985	2313,068	2,313068	6723,58	6,72
16	21,8	145	0,422	1	0,436	0,388	-0,98	0,934	0,912	0,936	1	-0,998	0,99	0,945	0,977	2718,835	2,718835	6423,665	6,423
17	21,8	85,1	0,485	1	0,469	0,416	-0,975	0,93	0,958	0,948	1	-0,997	0,98	0,994	0,988	2487,528	2,487528	6394,261	6,394
18	8,11	82,6	0,42	1	0,464	0,42	0,988	0,976	0,99	0,984	1	0,993	0,998	0,996	0,996	7456,705	7,456705	12053,438	12,053
19	7,97	103	0,422	1	0,379	0,417	0,99	0,976	0,986	0,983	1	0,994	0,998	0,993	0,995	8009,489	8,009489	12022,074	12,022
20	9,82	82,4	0,399	1	0,469	0,439	0,976	0,962	0,972	0,969	1	0,99	0,994	0,986	0,99	5586,648	5,586648	10883,182	10,883
21	18,1	52,6	0,437	1	0,482	0,437	0,913	0,959	0,959	0,953	1	0,956	0,992	0,989	0,986	2130,767	2,130767	9064,091	9,064
22	21,7	54	0,384	1	0,466	0,474	0,897	0,965	0,928	0,947	1	0,969	0,996	0,962	0,983	1474,091	1,474091	9299,318	9,299
23	19,3	60,4	0,376	1	0,488	0,421	0,945	0,965	0,911	0,947	1	0,988	0,997	0,936	0,978	1970,028	1,970028	9597,273	9,597
24	24,3	44,5	0,382	1	0,549	0,503	0,919	0,963	0,935	0,951	1	0,979	0,989	0,972	0,984	1644,631	1,644631	10157,898	10,157
25	26,7	47,1	0,371	1	0,378	0,397	0,972	0,967	0,939	0,961	1	0,995	0,993	0,987	0,992	2213,097	2,213097	9779,574	9,779
26	21,6	54	0,39	1	0,448	0,476	0,977	0,969	0,938	0,962	1	1	0,995	0,974	0,99	2207,216	2,207216	9524,744	9,524
27	21,4	61,9	0,345	1	0,413	0,394	0,941	0,968	0,933	0,955	1	0,992	1	0,966	0,988	1666,193	1,666193	9003,324	9,003
28	21,2	49,5	0,323	1	0,382	0,388	0,935	0,969	0,968	0,965	1	0,968	0,997	0,994	0,993	1707,358	1,707358	9185,625	9,185
29	27,7	44,1	0,348	1	0,436	0,418	0,889	0,967	0,942	0,954	1	0,97	0,995	0,992	0,992	1078,125	1,078125	9344,403	9,344
30	24	45,4	0,385	1	0,422	0,384	0,898	0,965	0,916	0,946	1	0,975	0,99	0,961	0,981	1150,653	1,150653	9215,028	9,215
31	8,81	41,4	0,379	1	0,444	0,382	0,978	0,986	0,979	0,982	1	0,988	0,998	0,992	0,994	6504,034	6,504034	15160,398	15,160
32	9,57	45,3	0,338	1	0,365	0,4	0,978	0,988	0,984	0,985	1	0,988	1	0,995	0,996	7186,193	7,186193	15330,938	15,330
33	10,5	43	0,365	1	0,404	0,491	0,971	0,985	0,977	0,98	1	0,987	0,999	0,994	0,995	5959,091	5,959091	14425,313	14,425
34	16,5	46,6	0,303	1	0,34	0,416	0,944	0,974	0,928	0,957	1	0,981	0,994	0,96	0,982	2807,045	2,807045	11112,528	11,112
35	10,2	41,2	0,268	1	0,422	0,448	0,98	0,988	0,985	0,985	1	0,989	0,998	0,996	0,996	7113,665	7,113665	15575,966	15,575
36	14,1	46,5	0,284	1	0,421	0,416	0,974	0,983	0,974	0,979	1	0,989	1	0,998	0,997	4988,778	4,988778	13000,227	13,000

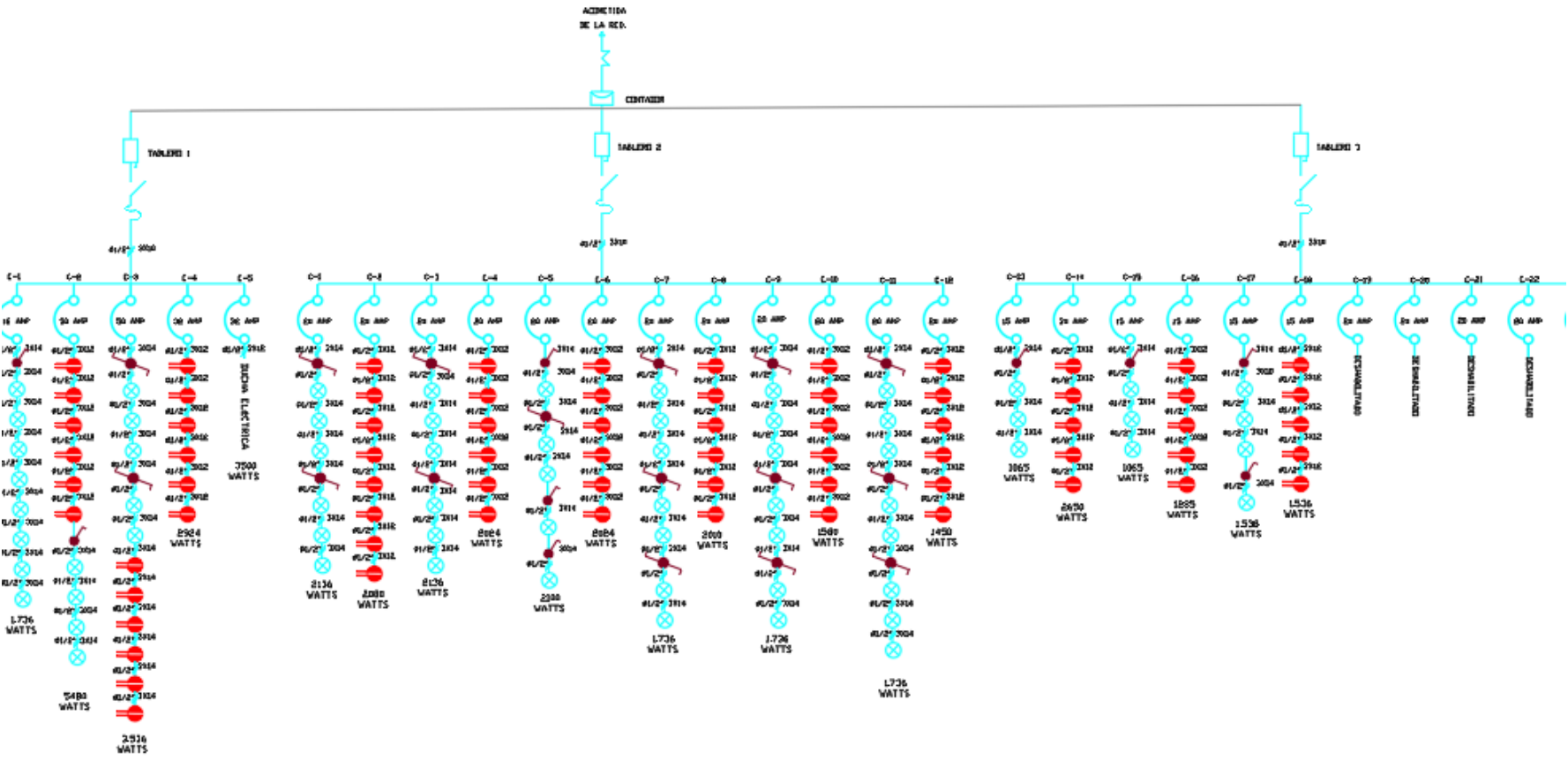
ANEXO B3: Datos de potencias

	AH	AI	AJ	AK	AL	AM	AN	AO	AP	AQ	AR	AS	AT	AU	AV	AW	AX	AY
10	P medio L1	P L1	P medio L2	P L2	P medio L3	P L3	P total medio	P TOTAL	Q medio L1	Q L1	Q medio L2	Q L2	Q medio L3	Q L3	Q total medio	Q TOTAL	S medio L1	S L1
11	W	KW	W	KW	W	KW	W	KW	Var	Kvar	Var	Kvar	Var	Kvar	Var	Kvar	VA	KVA
12	2097,443	2,097443	6945,085	6,945085	4900,568	4,900568	13943,097	13,943097	137,216	0,137216	1376,08	1,37608	1852,415	1,852415	3365,71	3,36571	2197,415	2,19741
13	1436,847	1,436847	7123,466	7,123466	4314,46	4,31446	12874,773	12,874773	119,574	0,119574	1611,307	1,611307	1225,142	1,225142	2956,023	2,956023	1591,705	1,59170
14	1713,239	1,713239	6727,5	6,7275	4341,903	4,341903	12782,642	12,782642	350,881	0,350881	984,034	0,984034	1072,244	1,072244	2407,159	2,407159	1866,136	1,86613
15	2313,068	2,313068	6723,58	6,72358	4281,136	4,281136	13317,784	13,317784	197,983	0,197983	936,989	0,936989	1035	1,035	2169,972	2,169972	2381,676	2,38167
16	2718,835	2,718835	6423,665	6,423665	4104,716	4,104716	13247,216	13,247216	-152,898	-0,152898	895,824	0,895824	1421,165	1,421165	2164,091	2,164091	2773,722	2,77372
17	2487,528	2,487528	6394,261	6,394261	4786,875	4,786875	13668,665	13,668665	-192,102	-0,192102	1287,869	1,287869	529,261	0,529261	1625,028	1,625028	2550,256	2,55025
18	7456,705	7,456705	12053,438	12,053438	11641,79	11,64179	31151,932	31,151932	864,46	0,86446	852,699	0,852699	1019,318	1,019318	2736,477	2,736477	7544,915	7,54491
19	8009,489	8,009489	12022,074	12,022074	12014,233	12,014233	32045,795	32,045795	854,659	0,854659	786,051	0,786051	1393,722	1,393722	3034,432	3,034432	8093,778	8,09377
20	5586,648	5,586648	10883,182	10,883182	9103,295	9,103295	25573,125	25,573125	789,972	0,789972	1219,261	1,219261	1536,818	1,536818	3546,051	3,546051	5723,864	5,72386
21	2130,767	2,130767	9064,091	9,064091	5359,261	5,359261	16554,119	16,554119	652,756	0,652756	1168,295	1,168295	789,972	0,789972	2611,023	2,611023	2332,67	2,3326
22	1474,091	1,474091	9299,318	9,299318	4345,824	4,345824	15119,233	15,119233	376,364	0,376364	864,46	0,86446	1240,824	1,240824	2481,648	2,481648	1642,67	1,6426
23	1970,028	1,970028	9597,273	9,597273	4532,045	4,532045	16099,347	16,099347	313,636	0,313636	776,25	0,77625	1707,358	1,707358	2797,244	2,797244	2083,722	2,08372
24	1644,631	1,644631	10157,898	10,157898	4018,466	4,018466	15820,994	15,820994	339,119	0,339119	1491,733	1,491733	978,153	0,978153	2809,006	2,809006	1789,688	1,78968
25	2213,097	2,213097	9779,574	9,779574	3793,04	3,79304	15785,71	15,78571	219,545	0,219545	1191,818	1,191818	619,432	0,619432	2030,795	2,030795	2277,784	2,27778
26	2207,216	2,207216	9524,744	9,524744	4477,159	4,477159	16209,119	16,209119	49,006	0,049006	944,83	0,94483	1044,801	1,044801	2038,636	2,038636	2260,142	2,26014
27	1666,193	1,666193	9003,324	9,003324	4671,222	4,671222	15340,739	15,340739	209,744	0,209744	227,386	0,227386	1246,705	1,246705	1683,835	1,683835	1770,085	1,77008
28	1707,358	1,707358	9185,625	9,185625	5363,182	5,363182	16256,165	16,256165	441,051	0,441051	723,324	0,723324	572,386	0,572386	1736,761	1,736761	1826,932	1,82693
29	1078,125	1,078125	9344,403	9,344403	3777,358	3,777358	14199,886	14,199886	270,511	0,270511	950,71	0,95071	472,415	0,472415	1693,636	1,693636	1213,381	1,21338
30	1150,653	1,150653	9215,028	9,215028	3783,239	3,783239	14148,92	14,14892	262,67	0,26267	1293,75	1,29375	1095,767	1,095767	2652,188	2,652188	1281,989	1,28198
31	6504,034	6,504034	15160,398	15,160398	9262,074	9,262074	30926,506	30,926506	1019,318	1,019318	1029,119	1,029119	1187,898	1,187898	3236,335	3,236335	6647,131	6,64713
32	7186,193	7,186193	15330,938	15,330938	9810,938	9,810938	32328,068	32,328068	1117,33	1,11733	482,216	0,482216	948,75	0,94875	2548,295	2,548295	7350,852	7,35085
33	5959,091	5,959091	14425,313	14,425313	8570,114	8,570114	28954,517	28,954517	956,591	0,956591	742,926	0,742926	970,313	0,970313	2669,83	2,66983	6135,511	6,13551
34	2807,045	2,807045	11112,528	11,112528	5188,722	5,188722	19108,295	19,108295	556,705	0,556705	1240,824	1,240824	1519,176	1,519176	3316,705	3,316705	2973,665	2,97366
35	7113,665	7,113665	15575,966	15,575966	9685,483	9,685483	32375,114	32,375114	1040,881	1,040881	964,432	0,964432	825,256	0,825256	2830,568	2,830568	7258,722	7,25872
36	4988,778	4,988778	13000,227	13,000227	7160,71	7,16071	25149,716	25,149716	733,125	0,733125	405,767	0,405767	503,778	0,503778	1642,67	1,64267	5124,034	5,12403

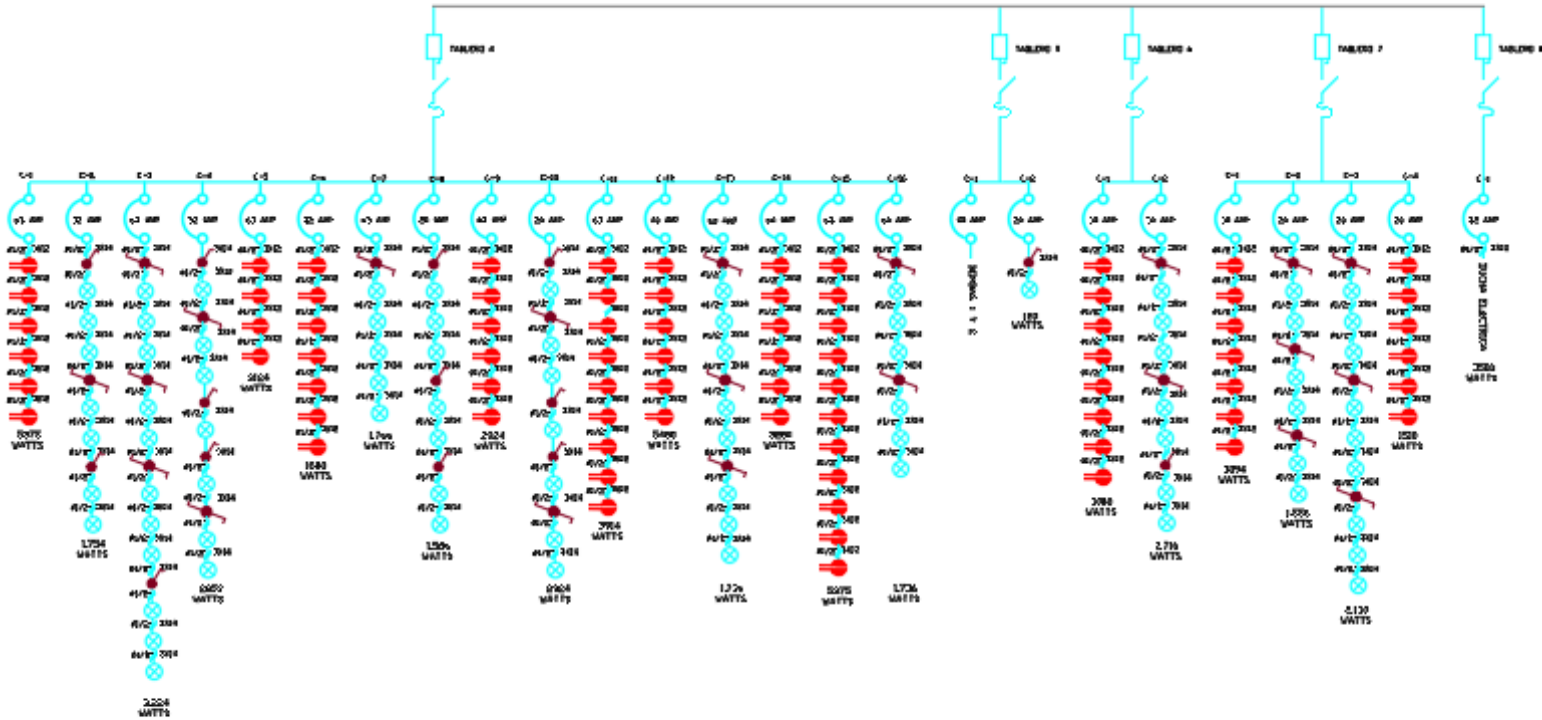
ANEXO B4: Datos de potencias aparentes

	AL	AM	AN	AO	AP	AQ	AR	AS	AT	AU	AV	AW	AX	AY	AZ	BA	BB	BC
10	P medio L3	P L3	P total medio	P TOTAL	Q medio L1	Q L1	Q medio L2	Q L2	Q medio L3	Q L3	Q total medio	Q TOTAL	S medio L1	S L1	S medio L2	S L2	S medio L3	S L3
11	W	KW	W	KW	Var	Kvar	Var	Kvar	Var	Kvar	Var	Kvar	VA	KVA	VA	KVA	VA	KVA
12	4900,568	4,900568	13943,097	13,943097	137,216	0,137216	1376,08	1,37608	1852,415	1,852415	3365,71	3,36571	2197,415	2,197415	7433,182	7,433182	5357,301	5,35730
13	4314,46	4,31446	12874,773	12,874773	119,574	0,119574	1611,307	1,611307	1225,142	1,225142	2956,023	2,956023	1591,705	1,591705	7642,926	7,642926	4649,659	4,64965
14	4341,903	4,341903	12782,642	12,782642	350,881	0,350881	984,034	0,984034	1072,244	1,072244	2407,159	2,407159	1866,136	1,866136	7192,074	7,192074	4645,739	4,64573
15	4281,136	4,281136	13317,784	13,317784	197,983	0,197983	936,989	0,936989	1035	1,035	2169,972	2,169972	2381,676	2,381676	7174,432	7,174432	4577,131	4,57713
16	4104,716	4,104716	13247,216	13,247216	-152,898	-0,152898	895,824	0,895824	1421,165	1,421165	2164,091	2,164091	2773,722	2,773722	6876,477	6,876477	4500,682	4,50068
17	4786,875	4,786875	13668,665	13,668665	-192,102	-0,192102	1287,869	1,287869	529,261	0,529261	1625,028	1,625028	2550,256	2,550256	6878,438	6,878438	4996,619	4,99661
18	11641,79	11,64179	31151,932	31,151932	864,46	0,86446	852,699	0,852699	1019,318	1,019318	2736,477	2,736477	7544,915	7,544915	12343,551	12,343551	11765,284	11,76528
19	12014,233	12,014233	32045,795	32,045795	854,659	0,854659	786,051	0,786051	1393,722	1,393722	3034,432	3,034432	8093,778	8,093778	12312,188	12,312188	12182,813	12,18281
20	9103,295	9,103295	25573,125	25,573125	789,972	0,789972	1219,261	1,219261	1536,818	1,536818	3546,051	3,546051	5723,864	5,723864	11310,511	11,310511	9365,966	9,36596
21	5359,261	5,359261	16554,119	16,554119	652,756	0,652756	1168,295	1,168295	789,972	0,789972	2611,023	2,611023	2332,67	2,33267	9456,136	9,456136	5590,568	5,59056
22	4345,824	4,345824	15119,233	15,119233	376,364	0,376364	864,46	0,86446	1240,824	1,240824	2481,648	2,481648	1642,67	1,64267	9638,438	9,638438	4682,983	4,68298
23	4532,045	4,532045	16099,347	16,099347	313,636	0,313636	776,25	0,77625	1707,358	1,707358	2797,244	2,797244	2083,722	2,083722	9950,114	9,950114	4975,057	4,97505
24	4018,466	4,018466	15820,994	15,820994	339,119	0,339119	1491,733	1,491733	978,153	0,978153	2809,006	2,809006	1789,688	1,789688	10551,903	10,551903	4296,818	4,29681
25	3793,04	3,79304	15785,71	15,78571	219,545	0,219545	1191,818	1,191818	619,432	0,619432	2030,795	2,030795	2277,784	2,277784	10108,892	10,108892	4038,068	4,03806
26	4477,159	4,477159	16209,119	16,209119	49,006	0,049006	944,83	0,94483	1044,801	1,044801	2038,636	2,038636	2260,142	2,260142	9824,659	9,824659	4771,193	4,77119
27	4671,222	4,671222	15340,739	15,340739	209,744	0,209744	227,386	0,227386	1246,705	1,246705	1683,835	1,683835	1770,085	1,770085	9297,358	9,297358	5004,46	5,0044
28	5363,182	5,363182	16256,165	16,256165	441,051	0,441051	723,324	0,723324	572,386	0,572386	1736,761	1,736761	1826,932	1,826932	9475,739	9,475739	5539,602	5,53960
29	3777,358	3,777358	14199,886	14,199886	270,511	0,270511	950,71	0,95071	472,415	0,472415	1693,636	1,693636	1213,381	1,213381	9663,92	9,66392	4008,665	4,00866
30	3783,239	3,783239	14148,92	14,14892	262,67	0,26267	1293,75	1,29375	1095,767	1,095767	2652,188	2,652188	1281,989	1,281989	9544,347	9,544347	4128,239	4,12823
31	9262,074	9,262074	30926,506	30,926506	1019,318	1,019318	1029,119	1,029119	1187,898	1,187898	3236,335	3,236335	6647,131	6,647131	15381,903	15,381903	9463,977	9,46397
32	9810,938	9,810938	32328,068	32,328068	1117,33	1,11733	482,216	0,482216	948,75	0,94875	2548,295	2,548295	7350,852	7,350852	15511,278	15,511278	9969,716	9,96971
33	8570,114	8,570114	28954,517	28,954517	956,591	0,956591	742,926	0,742926	970,313	0,970313	2669,83	2,66983	6135,511	6,135511	14638,977	14,638977	8770,057	8,77005
34	5188,722	5,188722	19108,295	19,108295	556,705	0,556705	1240,824	1,240824	1519,176	1,519176	3316,705	3,316705	2973,665	2,973665	11408,523	11,408523	5590,568	5,59056
35	9685,483	9,685483	32375,114	32,375114	1040,881	1,040881	964,432	0,964432	825,256	0,825256	2830,568	2,830568	7258,722	7,258722	15771,989	15,771989	9834,46	9,8344
36	7160,71	7,16071	25149,716	25,149716	733,125	0,733125	405,767	0,405767	503,778	0,503778	1642,67	1,64267	5124,034	5,124034	13225,653	13,225653	7350,852	7,35085

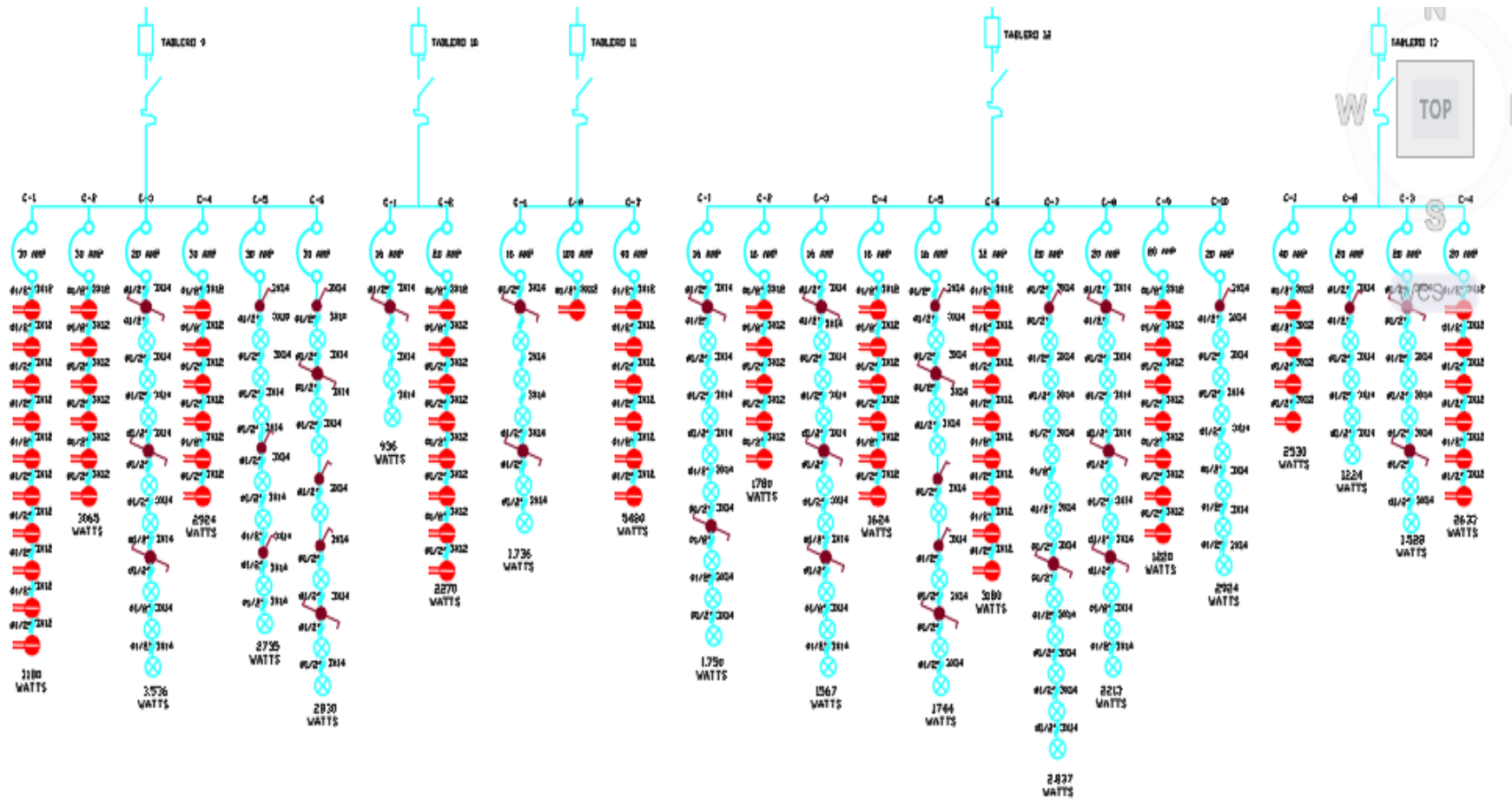
ANEXO C1: Diagrama unifilar tableros 1, 2 y 3



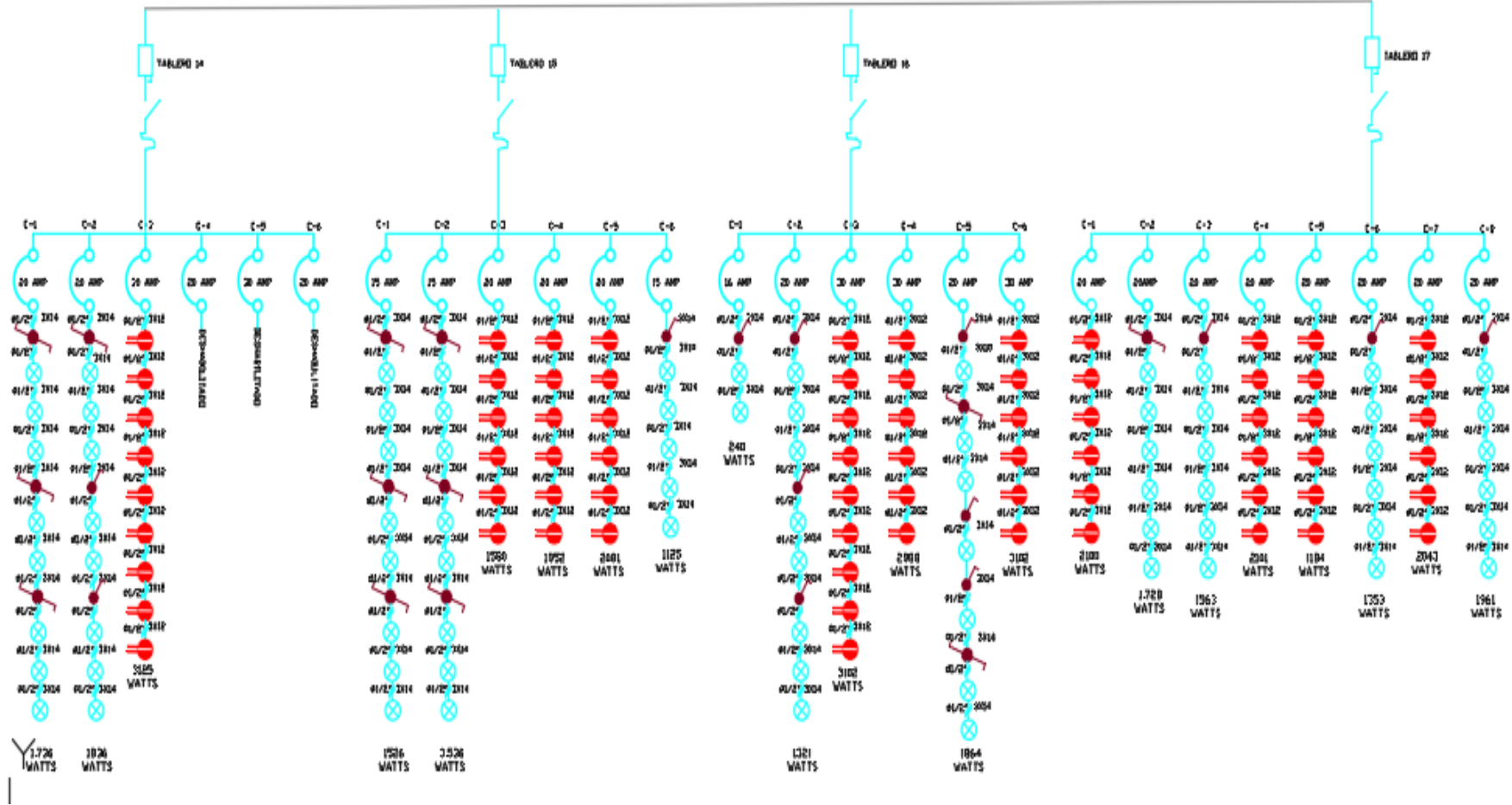
ANEXO C2: Diagrama unifilar tableros 4, 5, 6, 7 y 8



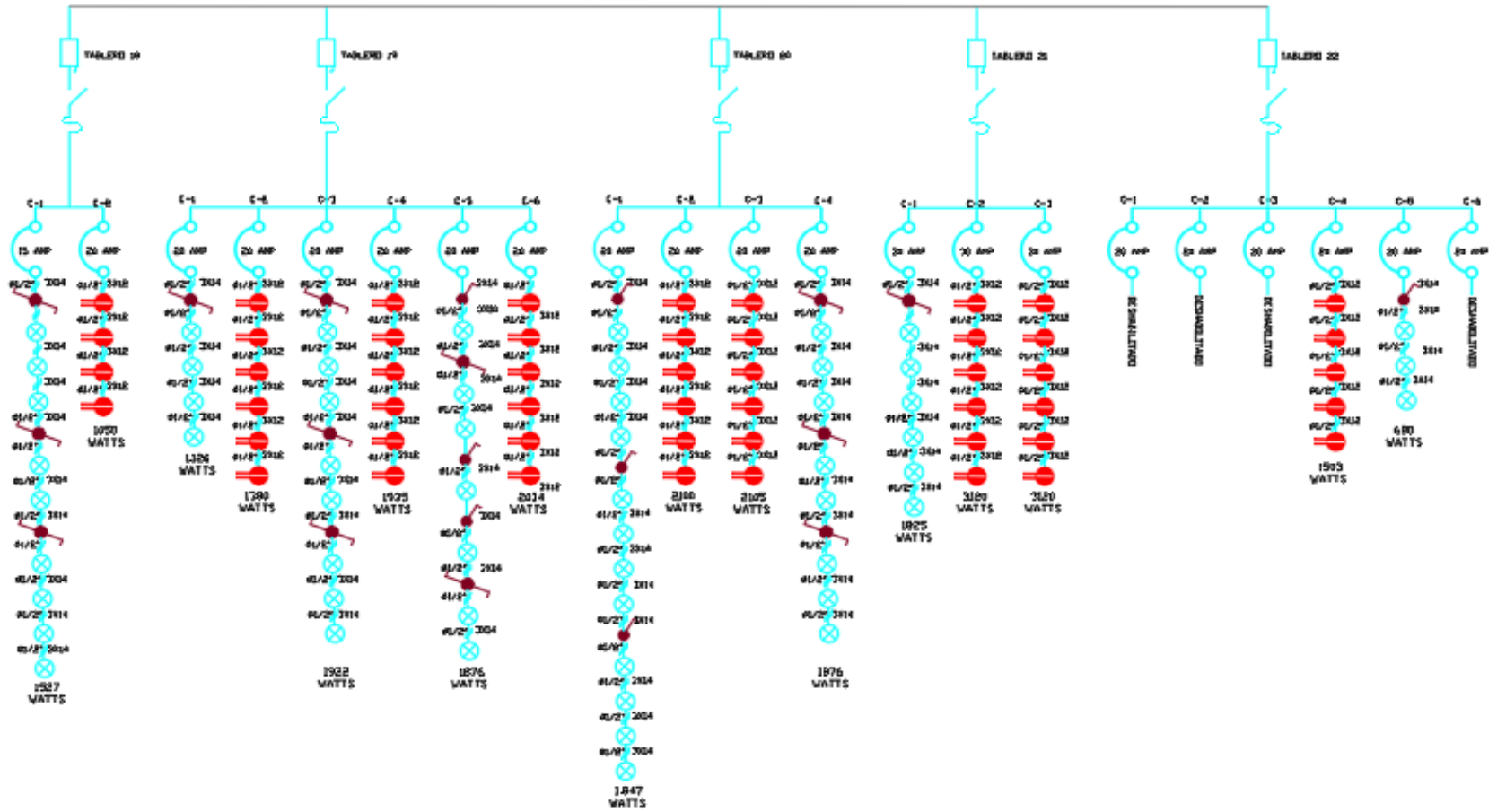
ANEXO C3: Diagrama unifilar tableros 9, 10, 11, 12 y 13



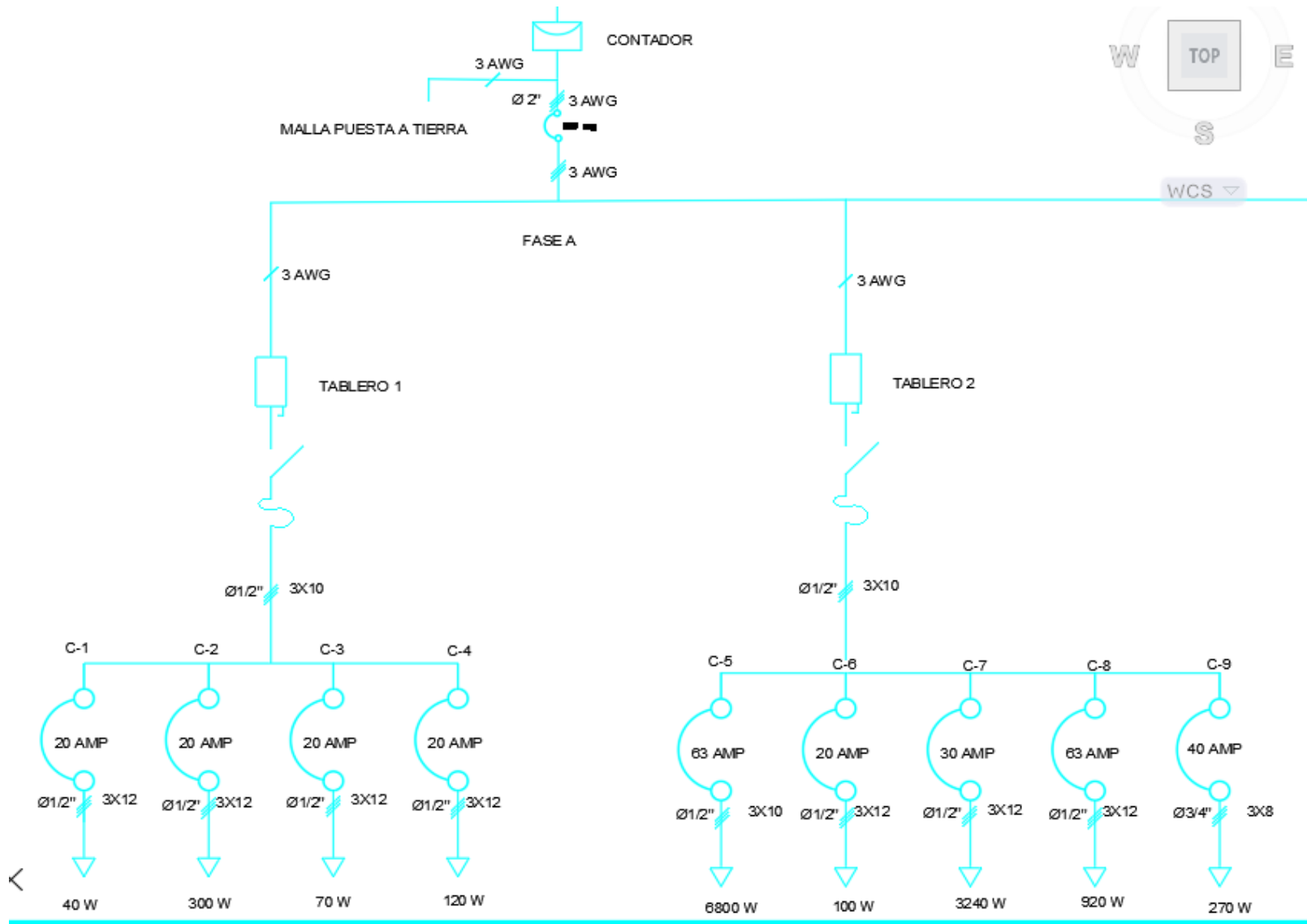
ANEXO C4: Diagrama unifilar tableros 14, 15, 16 y 17



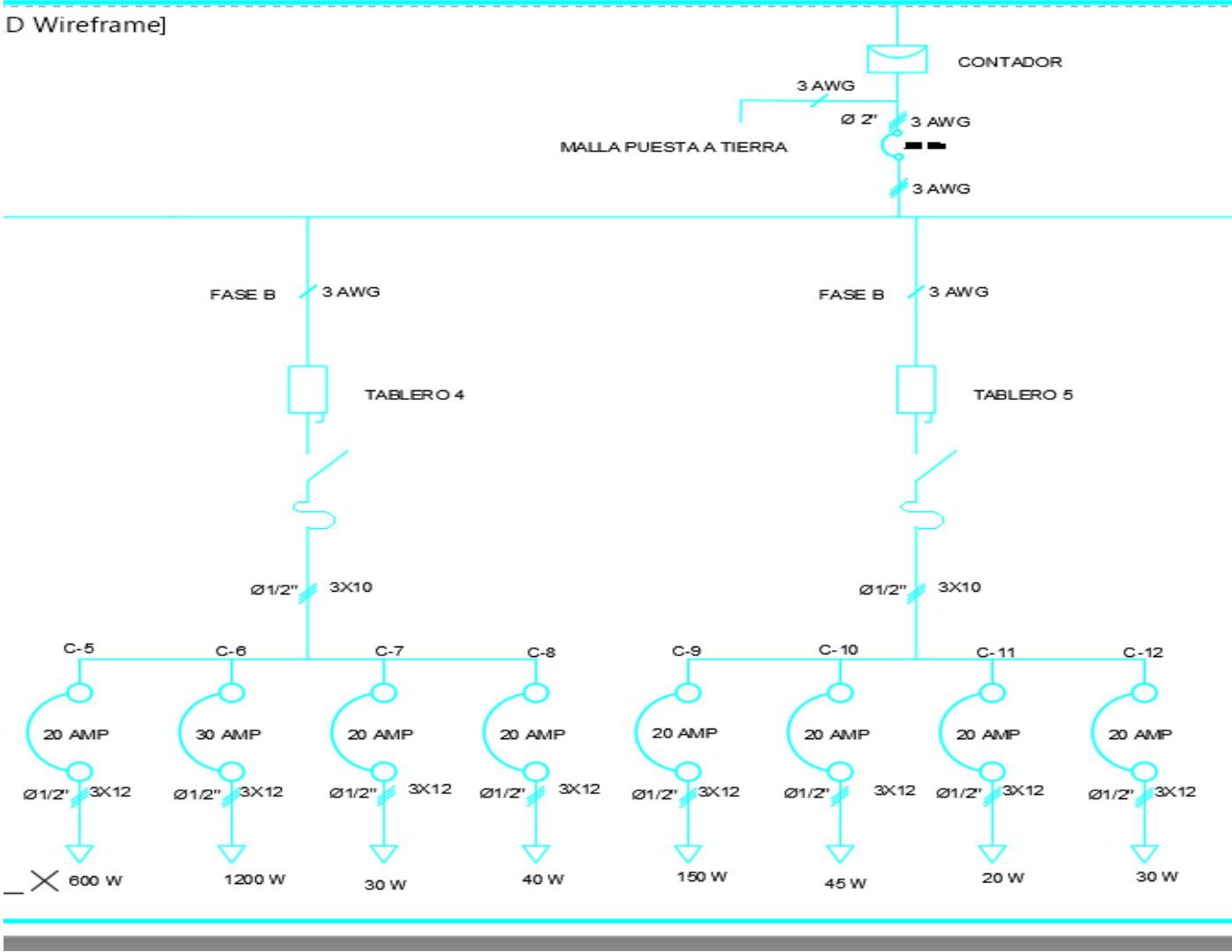
ANEXO C5: Diagrama unifilar tableros 18, 19, 20, 21 y 22



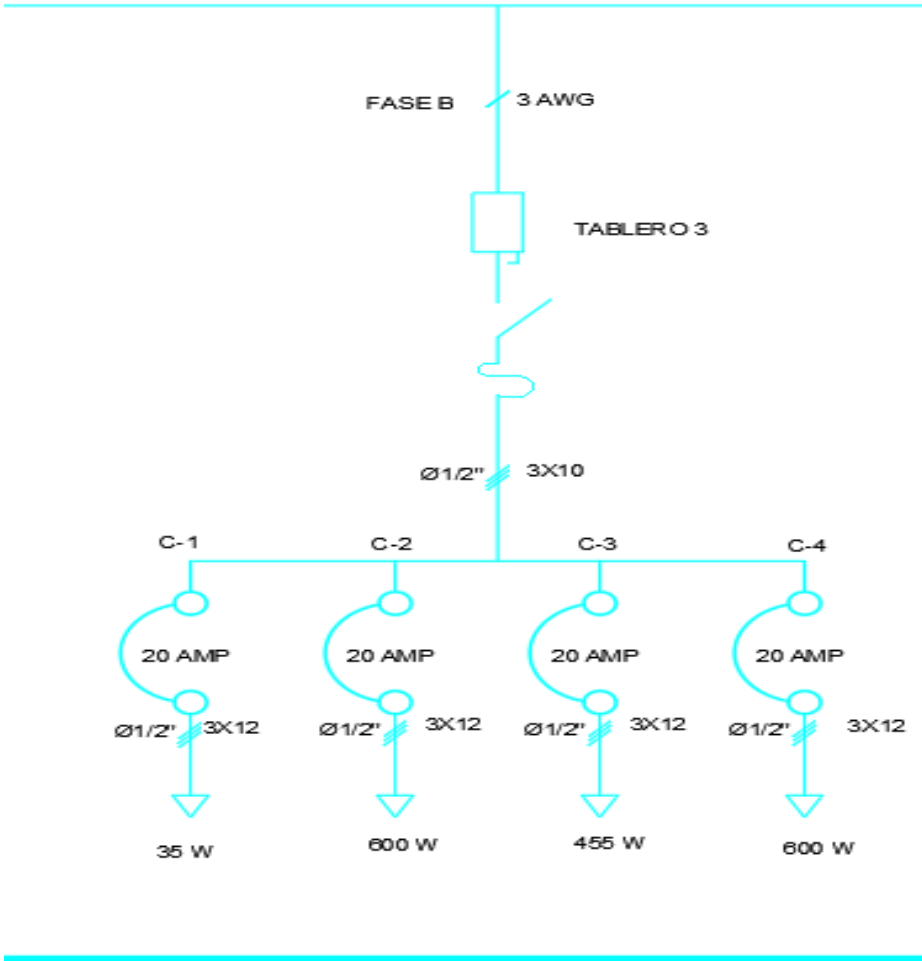
ANEXO D1: Diagrama unifilar Fase A



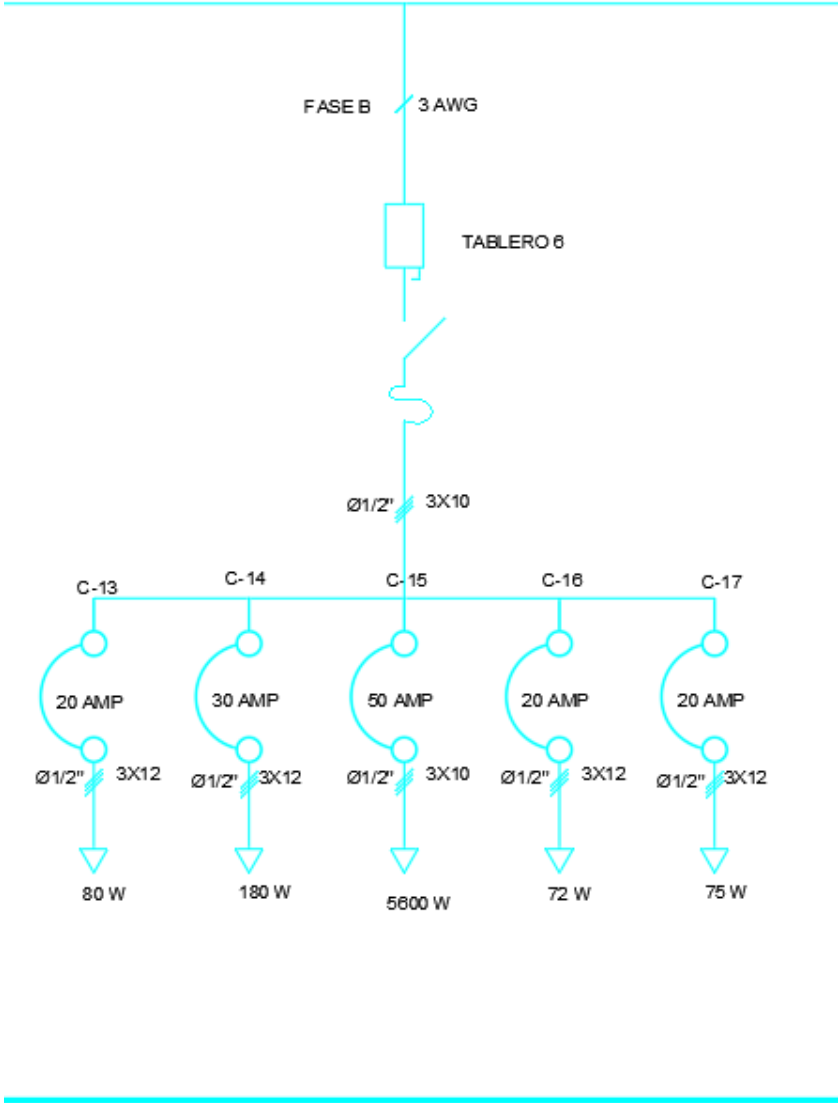
ANEXO D2: Diagrama unifilar Fase B



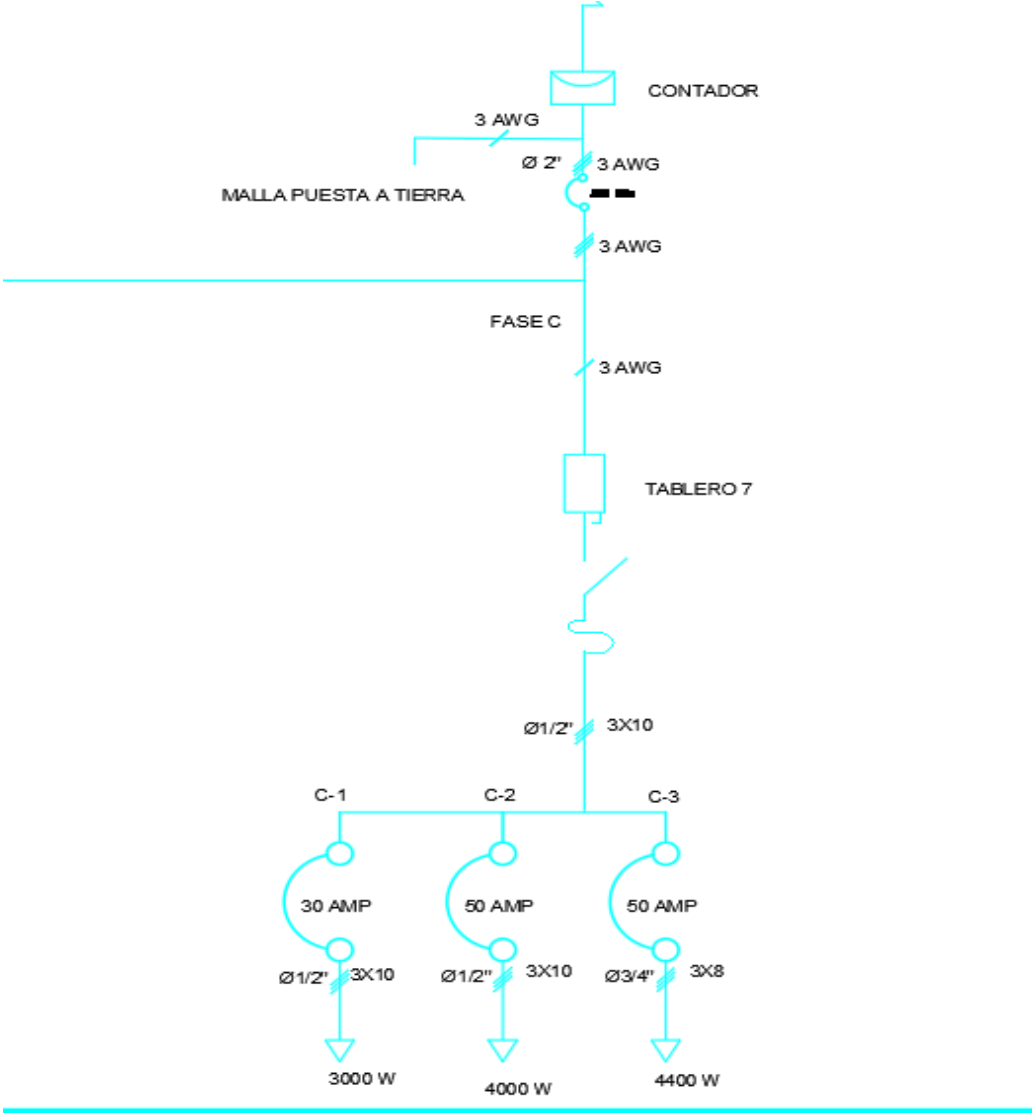
ANEXO D3: Diagrama unifilar Fase B



ANEXO D4: Diagrama unifilar Fase B



ANEXO D5: Diagrama unifilar Fase C



ANEXO E1: Resultados parámetros lumínicos (Esterilización)

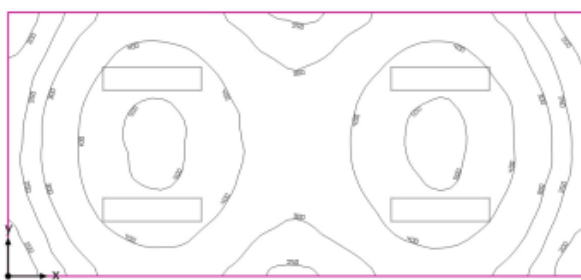
Esterilización

04/09/2022

DIALux

Terreno 1 / Edificación 1 / Planta (nivel) 1 / Esterilización / Resumen

Esterilización



Altura interior del local: 2.800 m, Grado de reflexión: Techo 70.0%, Paredes 50.0%, Suelo 20.0%, Factor de degradación: 0.80

Plano útil

Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Min./medio	Min./máx.
1 Plano útil (Esterilización)	Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) [lx] Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	364 (≥ 500)	162	524	0.45	0.31

# Luminaria	Φ(Luminaria) [lm]	Potencia [W]	Rendimiento lumínico [lm/W]
4 Philips - RC402B PSD W31L125 1 xLED36S/830	3598	32.5	110.7
Suma total de luminarias	14392	130.0	110.7

Potencia específica de conexión: $5.29 \text{ W/m}^2 = 1.45 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Superficie de planta de la estancia 24.50 m^2)

Consumo: 360 kWh/a de un máximo de 900 kWh/a

Las magnitudes de consumo de energía no tienen en cuenta escenas de luz ni sus estados de atenuación.

ANEXO E2: Disposición de luminarias (Esterilización)

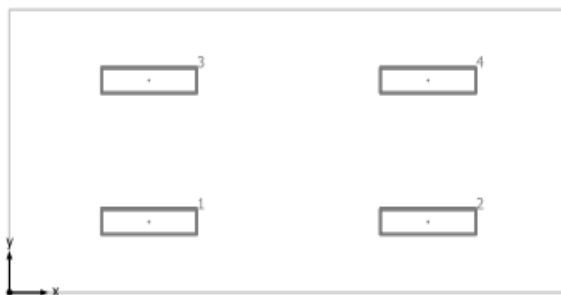
Esterilización

04/09/2022

Terreno 1 / Edificación 1 / Planta (nivel) 1 / Esterilización / Plano de situación de luminarias

DIALux

Esterilización



Philips RC402B PSD W31L125 1 xLED36S/830

Nº	X [m]	Y [m]	Altura de montaje [m]	Factor de degradación
1	1.808	0.850	2.850	0.80
2	5.422	0.850	2.850	0.80
3	1.808	2.550	2.850	0.80
4	5.422	2.550	2.850	0.80

ANEXO E3: Resultados parámetros lumínicos (Habitaciones)

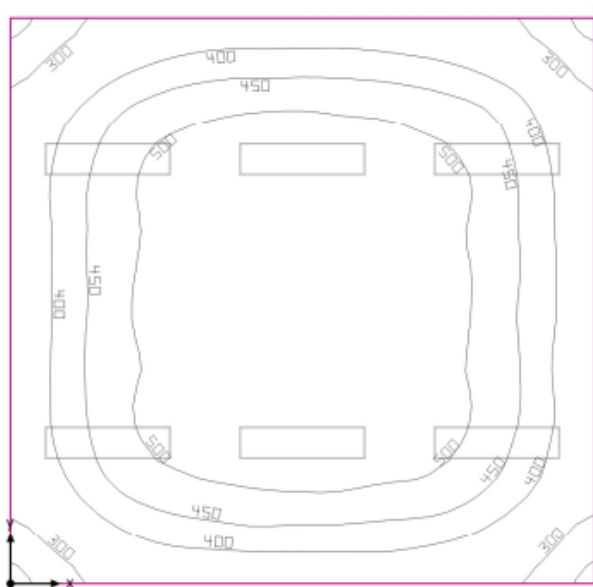
Habitaciones

03/09/2022

DIALux

Terreno 1 / Edificación 1 / Planta (nivel) 1 / Habitaciones / Resumen

Habitaciones



Altura interior del local: 2.800 m, Grado de reflexión: Techo 70.0%, Paredes 50.0%, Suelo 20.0%, Factor de degradación: 0.80

Plano útil

Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Min./medio	Min./máx.
1 Plano útil (Habitaciones)	Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) [lx] Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	450 (≥ 500)	243	547	0.54	0.44

# Luminaria	Φ(Luminaria) [lm]	Potencia [W]	Rendimiento lumínico [lm/W]
6 Philips - RC402B PSD W31L125 1 xLED36S/830	3598	32.5	110.7
Suma total de luminarias	21588	195.0	110.7

Potencia específica de conexión: $6.11 \text{ W/m}^2 = 1.36 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Superficie de planta de la estancia 31.90 m^2)

Consumo: 540 kWh/a de un máximo de 1150 kWh/a

Las magnitudes de consumo de energía no tienen en cuenta escenas de luz ni sus estados de atenuación.

ANEXO E4: Disposición de luminarias (Habitaciones)

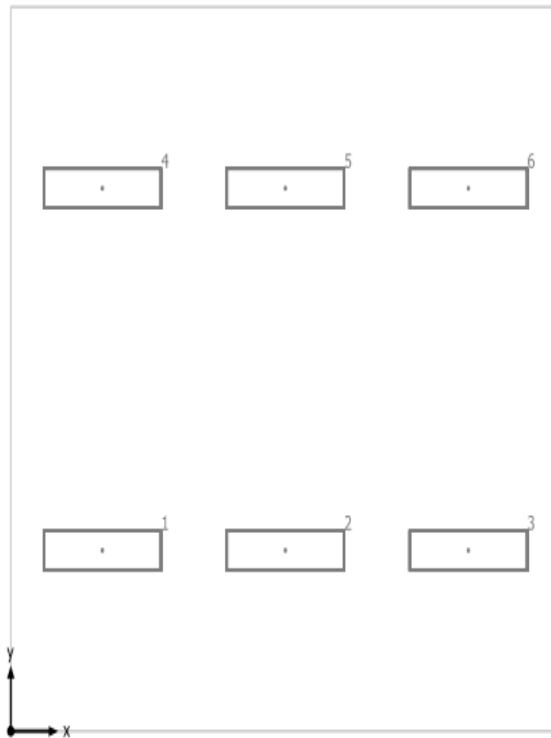
Habitaciones

03/09/2022

DIALux

Terreno 1 / Edificación 1 / Planta (nivel) 1 / Habitaciones / Plano de situación de luminarias

Habitaciones



Philips RC402B PSD W31L125 1 xLED36S/830

Nº	X [m]	Y [m]	Altura de montaje [m]	Factor de degradación
1	0.967	1.375	2.850	0.80
2	2.900	1.375	2.850	0.80
3	4.833	1.375	2.850	0.80
4	0.967	4.125	2.850	0.80
5	2.900	4.125	2.850	0.80
6	4.833	4.125	2.850	0.80