



+  
Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y**  
**APLICADAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA EN SISTEMAS ELÉCTRICOS**  
**DE POTENCIA**  
**TESIS DE GRADO**

**TEMA:**

**“ANÁLISIS DE LA DEMANDA ELÉCTRICA PARA REALIZAR UN  
DIAGNÓSTICO DE LA CALIDAD DE ENERGÍA EN EL HOSPITAL  
DEL INSTITUTO ECUATORIANO DE SEGURIDAD SOCIAL (IESS)  
DE LA CIUDAD DE AMBATO EN EL AÑO 2015”**

Tesis de grado previo a la obtención del Título de Ingeniero Eléctrico en Sistemas Eléctricos de Potencia

**AUTORES:**

BASANTES TISALEMA JUAN CARLOS

LALALEO ACHACHI DIEGO FERNANDO

**DIRECTOR DE TESIS:**

ING. VICENTE QUISPE

**ASESOR METODOLÓGICO:**

LIC. SUSANA PALLASCO

**LATACUNGA – ECUADOR**

**2016**



## FORMULARIO DE LA APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

En calidad de Miembros del Tribunal de Grado aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi y por la Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; por cuanto, los postulantes:

- BASANTES TISALEMA JUAN CARLOS
- LALALEO ACHACHI DIEGO FERNANDO

Con la tesis, cuyo título es:

**“ANÁLISIS DE LA DEMANDA ELÉCTRICA PARA REALIZAR UN DIAGNÓSTICO DE LA CALIDAD DE ENERGÍA EN EL HOSPITAL DEL INSTITUTO ECUATORIANO DE SEGURIDAD SOCIAL (IESS) DE LA CIUDAD DE AMBATO EN EL AÑO 2015”**

Han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúnen los méritos suficientes para ser sometidos al **Acto de Defensa de Tesis** en la fecha y hora señalada.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

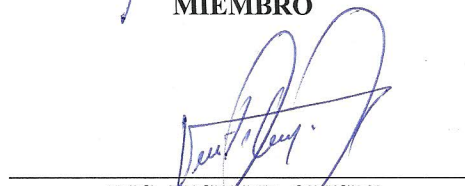
Latacunga, 26 de Febrero de 2016

Para constancia firman:

  
ING. XAVIER PROAÑO  
PRESIDENTE

  
DR. MARCELO BAUTISTA  
MIEMBRO

  
ING. ILIANA GONZALES  
OPOSITOR

  
ING. VICENTE QUISPE  
TUTOR (DIRECTOR)

## AUTORÍA

Nosotros, Basantes Tisalema Juan Carlos con cédula de identidad N° 050362186-4 y Lalaleo Achachi Diego Fernando con cédula N° 180461784-1, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentando para ningún grado o calificación profesional.

La responsabilidad de esta tesis de grado nos corresponde exclusivamente, y el patrimonio intelectual de la misma a la Universidad Técnica de Cotopaxi.

### Atentamente



Basantes Tisalema Juan Carlos  
C.I. 050362186-4



Lalaleo Achachi Diego Fernando  
C.I. 180461784-1



Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi



Trabajo de  
Grado  
CIYA

COORDINACIÓN  
TRABAJO DE GRADO

## AVAL DE DIRECTOR DE TESIS

En calidad de Director de trabajo de investigación sobre el tema:

**“ANÁLISIS DE LA DEMANDA ELÉCTRICA PARA REALIZAR UN DIAGNÓSTICO DE LA CALIDAD DE ENERGÍA EN EL HOSPITAL DEL INSTITUTO ECUATORIANO DE SEGURIDAD SOCIAL (IESS) DE LA CIUDAD DE AMBATO EN EL AÑO 2015”**

De los señores estudiantes; Basantes Tisalema Juan Carlos y Lalaleo Achachi Diego Fernando postulantes de la Carrera de Ingeniería Eléctrica.

### **CERTIFICO QUE:**

Una vez revisado el documento entregado a mi persona, considero que dicho informe investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científicos - técnicos necesarios para ser sometidos a la **Evaluación del Tribunal de Validación de TESIS DE GRADO** que el Honorable Consejo Académico de la Unidad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, Marzo 2016

**EL DIRECTOR**

.....  
Ing. Vicente Quispe  
DIRECTOR DE TESIS



Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi



Trabajo de  
Grado  
CIYA

COORDINACIÓN  
TRABAJO DE GRADO

## AVAL DEL ASESOR METODOLÓGICO

En calidad de asesor metodológico del trabajo de investigación sobre el tema:

**“ANÁLISIS DE LA DEMANDA ELÉCTRICA PARA REALIZAR UN DIAGNÓSTICO DE LA CALIDAD DE ENERGÍA EN EL HOSPITAL DEL INSTITUTO ECUATORIANO DE SEGURIDAD SOCIAL (IESS) DE LA CIUDAD DE AMBATO EN EL AÑO 2015”**

De los señores estudiantes; Basantes Tisalema Juan Carlos y Lalaleo Achachi Diego Fernando postulantes de la Carrera de Ingeniería Eléctrica.

### CERTIFICO QUE:

Una vez revisado el documento entregado a mi persona, considero que dicho informe investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científicos - técnicos necesarios para ser sometidos a la **Evaluación del Tribunal de Validación de TESIS DE GRADO** que el Honorable Consejo Académico de la Unidad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, Marzo 2016

**ASESOR METODOLÓGICO**

Lic. Susana Pallasco

**ASESOR METODOLÓGICO DE LA TESIS**



**INSTITUTO ECUATORIANO DE SEGURIDAD  
SOCIAL  
IESS HOSPITAL DE AMBATO  
Servicio de Mantenimiento**

**CERTIFICADO DE IMPLEMENTACIÓN**

En calidad de Ingeniero Mecánico a cargo de proyectos del **IESS HOSPITAL DE AMBATO**, a petición verbal de los interesados, certifico que:

Los señores Basantes Tisalema Juan Carlos, portador de la cédula de ciudadanía N° 050362186-4 y Lalaleo Achachi Diego Fernando, portador de la cédula de ciudadanía N° 180461784-1, realizaron la tesis de grado con el tema:

**“ANÁLISIS DE LA DEMANDA ELÉCTRICA PARA REALIZAR UN DIAGNÓSTICO DE LA CALIDAD DE ENERGÍA EN EL HOSPITAL DEL INSTITUTO ECUATORIANO DE SEGURIDAD SOCIAL (IESS) DE LA CIUDAD DE AMBATO EN EL AÑO 2015”**

Bajo la supervisión de mi persona, certifico que se cumplió todos los lineamientos y requerimiento establecidos por la Institución.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad, facultad a los interesados hacer uso de este documento en forma de que estimen conveniente.

Ambato, Marzo 2016

Atentamente



**Jorge Enrique López**  
CC 1802630416  
Ingeniero Mecánico  
IESS Hospital de Ambato

*Ingeniería y Mantenimiento*

Dir.: Rodrigo Pachano 10-76 y Edmundo Martínez. Telf: 032 999 100 ext. 2093. Correo:

[jelopez@iess.gob.ec](mailto:jelopez@iess.gob.ec)  
Ambato- Ecuador

Página 1 de 1



## **AGRADECIMIENTO**

Dedico mi tesis a Dios a quién amo y admiro; Mi agradamamiento infinito a mis padres y hermanos por el apoyo económico y moral, a mi esposa e hija, por ser mi apoyo fundamental e incondicional en los momentos muy difíciles de mi vida, a mis docentes de mi carrera profesional porque todos han aportado con un granito de arena a mi formación, al hospital del IEES de Ambato por la facilidad que me ha dado para llevar a cabo esta investigación. Al Ing. Vicente Quispe, tutor del trabajo por su disponibilidad y apoyo durante el proceso de elaboración de este proyecto de investigación.

**Juan Basantes...**

Primeramente, agradezco a Dios por darme salud y vida en todo el tiempo transcurrido. A mi madre Celia Mercedes Achachi que me brinda su apoyo incondicional cada día de mi vida, de igual manera a mis hermanos por el apoyo económico y moral en el transcurso de la preparación profesional. A la Universidad Técnica de Cotopaxi que es la fuente del saber con sus docentes educadores que compartieron los conocimientos para nuestra formación. A los directivos técnicos y funcionarios del hospital del IEES de Ambato por la facilidad de llevar a cabo el presente trabajo de investigación. A mis amigos y compañeros de clases que día a día brindaban el apoyo para no desmayar y cumplir con la meta propuesta. Al Ing. Vicente Quispe, tutor del trabajo por su disponibilidad y apoyo durante el proceso de elaboración del proyecto de investigación.

**Diego Lalaleo...**

## **DEDICATORIA**

La presente investigación está dedicada a nuestras familias en especial a nuestros padres que nos enseñaron a ser perseverantes desde niños, apoyándonos para cumplir con nuestras metas planteadas.

Al HOSPITAL DEL INSTITUTO ECUATORIANO DE SEGURIDAD SOCIAL (IESS) DE LA CIUDAD DE AMBATO, que servirá de base para correcciones de áreas afectadas por los problemas detectados ayudando a mejorar la atención de servicio a la ciudadanía

A los estudiantes y personas que hagan buen uso del presente estudio realizado por nosotros.

**Juan Basantes...**

**Diego Lalaleo...**



# ÍNDICE GENERAL

|  |       |
|--|-------|
| PORTADA.....   | i     |
| AUTORÍA.....   | ii    |
| AVAL DE DIRECTOR DE TESIS .....                        | iii   |
| AVAL DEL ASESOR METODOLÓGICO .....                     | iv    |
| CERTIFICADO DE IMPLEMENTACIÓN .....                    | v     |
| AVAL DE LA TRADUCCIÓN.....                             | xxiii |
| AGRADECIMIENTO .....                                   | vii   |
| DEDICATORIA .....                                      | viii  |
| RESUMEN.....   | xxi   |
| ABSTRACT.....  | xxii  |
| INTRODUCCIÓN .....                                     | xxiv  |
| CAPITULO I.....  | 1     |
| 1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....                          | 1     |
| 1.1    DEMANDA ELÉCTRICA .....                         | 3     |
| 1.1.1    Introducción .....                            | 3     |
| 1.1.2    Definición .....                              | 4     |
| 1.1.3    Curva de carga o demanda.....                 | 5     |
| 1.1.4    Demanda promedio .....                        | 5     |
| 1.1.5    Demanda Máxima.....                           | 6     |
| 1.1.6    Factor de demanda .....                       | 6     |
| 1.1.7    Factor de utilización.....                    | 6     |
| 1.1.8    Factor de diversidad .....                    | 7     |
| 1.1.9    Factor de simultaneidad .....                 | 7     |
| 1.1.10    Carga instalada, conectada o declarada ..... | 7     |

|          |   |    |
|----------|---|----|
| 1.1.11   | Factor de carga .....   | 7  |
| 1.1.12   | Densidad de carga .....   | 8  |
| 1.1.13   | Comportamiento de la demanda .....                                    | 8  |
| 1.1.13.1 | Demanda tipo residencial.....   | 8  |
| 1.1.13.2 | Demanda tipo comercial .....  | 9  |
| 1.1.13.3 | Demanda tipo industrial .....   | 9  |
| 1.1.14   | TIPOS DE CARGA .....  | 10 |
| 1.1.14.1 | Cargas lineales .....   | 10 |
| 1.1.14.2 | Cargas no lineales .....  | 10 |
| 1.1.15   | Factor de potencia y tipos de cargas en los circuitos eléctricos..... | 10 |
| 1.1.15.1 | Cargas resistivas.....  | 10 |
| 1.1.15.2 | Cargas inductivas.....  | 10 |
| 1.1.15.3 | Cargas capacitivas.....   | 10 |
| 1.2      | CALIDAD DE ENERGÍA.....   | 11 |
| 1.2.1    | Introducción .....  | 11 |
| 1.2.2    | Definición .....  | 12 |
| 1.2.3    | Origen de la mala calidad de energía.....                             | 12 |
| 1.2.4    | Importancia de la calidad de energía .....                            | 12 |
| 1.2.5    | CALIDAD DE PRODUCTO.....  | 13 |
| 1.2.6    | NIVEL DE VOLTAJE.....   | 13 |
| 1.2.6.1  | Índice de calidad de voltaje.....                                     | 14 |
| 1.2.6.2  | Límites de voltaje.....   | 14 |
| 1.2.6.3  | Variaciones de voltajes .....   | 15 |
| 1.2.6.4  | Sobre voltajes debido a armónicos .....                               | 15 |
| 1.2.7    | PERTURBACIONES DE VOLTAJE.....  | 15 |
| 1.2.7.1  | Parpadeo (Flicker).....   | 16 |

|                  |   |    |
|------------------|---|----|
| 1.2.7.1.1        | Índice de calidad de flicker .....  | 16 |
| 1.2.7.1.2        | Límites del flicker .....   | 16 |
| 1.2.7.2          | ARMÓNICOS.....  | 17 |
| 1.2.7.2.1        | Índices de calidad de armónicos .....   | 17 |
| 1.2.7.2.2        | Límites de armónicos .....  | 18 |
| 1.2.7.2.3        | Fuentes de armónicos.....   | 19 |
| 1.2.7.2.4        | Los niveles de armónicos.....   | 19 |
| 1.2.7.2.5        | Filtros pasivos para componentes armónicas.....   | 19 |
| 1.2.7.2.6        | Los Filtros Shunt o paralelo .....  | 20 |
| 1.2.7.3          | FACTOR DE POTENCIA.....   | 23 |
| 1.2.7.3.1        | Índice de calidad del factor de potencia.....   | 24 |
| 1.2.7.3.2        | Problemas por bajo factor de potencia.....  | 24 |
| 1.2.7.3.3        | Beneficios por corregir el factor de potencia.....  | 24 |
| 1.2.7.3.4        | Factor de potencia en carga no lineal.....  | 24 |
| 1.2.7.4          | Instrumentos de medición utilizados para recolectar información .....                                     | 25 |
| 1.2.7.5          | Mediciones del sistema eléctrico del hospital IESS. ....  | 26 |
| 1.2.7.6          | Esquema de conexión del analizador Fluke 1735 .....   | 27 |
| 1.2.7.7          | Mediciones realizadas .....   | 27 |
| 1.2.7.8          | Software de simulación .....  | 27 |
| CAPITULO II..... |   | 30 |
| 2                | ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS .....   | 30 |
| 2.1              | ASPECTOS GENERALES DEL HOSPITAL DEL INSTITUTO<br>ECUATORIANO DE SEGURIDAD SOCIAL (IESS) DE<br>AMBATO..... | 30 |
| 2.2              | FILOSOFÍA INSTITUCIONAL .....   | 31 |
| 2.3              | ANÁLISIS DE LA INFRAESTRUCTURA .....  | 32 |

|         |  |    |
|---------|--|----|
| 2.4     | METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DEL ESTUDIO .....   | 32 |
| 2.4.1   | Métodos de Investigación .....   | 32 |
| 2.4.1.1 | Método Inductivo - Deductivo.....  | 32 |
| 2.4.1.2 | Método Analítico y Sintético.....  | 33 |
| 2.4.2   | Tipos de Investigación .....   | 33 |
| 2.4.2.1 | Investigación Bibliográfica.....   | 33 |
| 2.4.2.2 | Investigación Exploratoria.....  | 33 |
| 2.4.2.3 | Investigación Descriptiva.....   | 33 |
| 2.4.2.4 | Investigación de Campo.....  | 34 |
| 2.4.3   | Técnicas de Investigación .....  | 34 |
| 2.4.3.1 | Observación directa .....  | 34 |
| 2.4.3.2 | Entrevista .....   | 34 |
| 2.4.3.3 | Cuestionario .....   | 34 |
| 2.4.4   | Instrumentos de Investigación .....  | 34 |
| 2.4.4.1 | Fichas de observación .....  | 34 |
| 2.4.4.2 | Cuestionario de entrevista.....  | 35 |
| 2.5     | OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES.....   | 36 |
| 2.5.1   | Variable Independiente .....   | 36 |
| 2.5.2   | Variable Dependiente.....  | 37 |
| 2.6     | ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS .....  | 38 |
| 2.6.1   | Análisis de la entrevista realizada al Ing. Jorge López a cargo del departamento de mantenimiento..... | 38 |
| 2.6.2   | SITUACIÓN ACTUAL DEL SISTEMA ELÉCTRICO.....  | 39 |
| 2.6.2.1 | Diagrama eléctrico unifilar del Hospital Del Instituto Ecuatoriano De Seguridad IESS de Ambato. ....   | 39 |
| 2.6.2.2 | Distribución en medio voltaje.....   | 41 |

|           |  |    |
|-----------|--|----|
| 2.6.2.3   | Distribución en los tableros generales de bajo voltaje.....                                  | 41 |
| 2.6.2.4   | Características de los transformadores ubicados en la cámara de transformación. ....         | 42 |
| 2.6.2.5   | Distribución en los tableros principales de bajo voltaje. ....                               | 43 |
| 2.6.2.6   | Generador de emergencia del hospital.....  | 43 |
| 2.6.2.7   | Tablero general normal (TGN) y tablero principal normal (TPN) ....                           | 44 |
| 2.6.2.8   | Tablero general de emergencia (TGE) y tablero principal de emergencia (TPE).....             | 44 |
| 2.6.3     | Evaluación de la situación actual del sistema eléctrico del hospital IESS.....               | 44 |
| 2.6.3.1   | Diagrama esquemático de conexión para las mediciones.....                                    | 45 |
| 2.6.3.2   | CURVA DE CARGA DEL HOSPITAL IESS.....  | 46 |
| 2.6.3.2.1 | Transformador general de 800 kVA número 12185 .....  | 46 |
| 2.6.3.3   | PRESENTACIÓN DE RESULTADOS DE LOS PARÁMETROS MEDIDOS HOSPITAL IESS.....                      | 50 |
| 2.6.3.3.1 | Resumen de los resultados obtenidos con las mediciones del transformador 800kVA. ....        | 50 |
| 2.6.3.3.2 | Resumen de resultados obtenidos con las mediciones del tablero general normal TGN.....       | 54 |
| 2.6.3.3.3 | Resumen de resultados obtenidos con las mediciones del tablero general emergencia TGE. ....  | 57 |
| 2.6.3.3.4 | Tablero principal normal (TPN) .....   | 60 |
| 2.6.3.3.5 | Resumen de resultados obtenidos con las mediciones del tablero principal normal TPN. ....    | 60 |
| 2.6.3.3.6 | Tablero principal de emergencia (TPE).....   | 63 |
| 2.6.3.3.7 | Resumen de resultados obtenidos con las mediciones del tablero principal emergencia TPE..... | 63 |
| 2.6.3.4   | RESUMEN GENERAL DE LAS MEDICIONES .....  | 66 |

|                    |  |    |
|--------------------|--|----|
| 2.6.3.4.1          | El transformador de 800kVA presenta varios análisis:.....  | 66 |
| 2.6.3.4.2          | El tablero general normal TGN presenta varios análisis .....   | 67 |
| 2.6.3.4.3          | El tablero general de emergencia TGE presenta varios análisis .....  | 67 |
| 2.6.3.4.4          | El tablero principal normal TPN presenta varios análisis.....  | 68 |
| 2.6.3.4.5          | El tablero principal de emergencia TPE presenta varios análisis: .....   | 69 |
| 2.6.4              | SIMULACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO DEL HOSPITAL EN EL SOFTWARE ETAP 12.6.0 .....   | 70 |
| 2.6.4.1            | DATOS SIMULADOS DE LAS AREAS CRITICAS.....   | 72 |
| 2.7                | VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS.....  | 73 |
| 2.7.1              | Planteamiento de la hipótesis.....   | 73 |
| 2.7.2              | Verificación.....  | 73 |
| CAPITULO III ..... |  | 75 |
| 3                  | MEJORAMIENTOS DE LOS PARÁMETROS ELÉCTRICOS MEDIANTE EL USO DE CAPACITORES Y FILTROS PASIVOS A LAS ZONAS CRÍTICAS DEL SISTEMA ELÉCTRICO DEL HOSPITAL IESS AMBATO..... | 75 |
| 3.1                | Presentación de la propuesta.....  | 75 |
| 3.2                | Justificación .....  | 75 |
| 3.3                | Objetivo de la propuesta .....   | 77 |
| 3.3.1              | General.....   | 77 |
| 3.3.2              | Específicos .....  | 77 |
| 3.4                | Alcance .....  | 78 |
| 3.5                | Análisis de factibilidad .....   | 78 |
| 3.5.1              | Aspecto técnico.....   | 78 |
| 3.5.2              | Aspecto administrativo .....   | 79 |
| 3.5.3              | Aspecto operacional.....   | 79 |
| 3.5.4              | Fundamentación legal .....   | 79 |

|         |   |     |
|---------|---|-----|
| 3.6     | Desarrollo de la propuesta .....  | 82  |
| 3.6.1   | Cambio de fusible NH del transformador general, reajuste de tableros y aumento de calibres para conductores sobrecargados en partes esenciales del sistema eléctrico del Hospital IESS .....                      | 82  |
| 3.6.1.1 | Cambio del fusible NH de bajo voltaje del transfo general .....   | 84  |
| 3.6.1.2 | Cambio de los conductores de bajo voltaje del puente entre el transformador y la barra.....   | 86  |
| 3.6.1.3 | Aumento de 2 conductores en el puente entre el tablero general emergencia (TGE) y tablero general normal (TGN) formando 4 conductores 350MCM por fases. ....  | 87  |
| 3.6.1.4 | Presupuesto .....   | 87  |
| 3.6.2   | Compensación de potencia reactiva en tableros eléctricos que no presenten contaminación armónica.....   | 88  |
| 3.6.2.1 | Calculo para mejorar el bajo factor de potencia. ....   | 89  |
| 3.6.2.2 | Presupuesto. ....   | 91  |
| 3.6.3   | Compensación de potencia reactiva en tableros eléctricos que presenten contaminación armónica y se encuentren fuera de los límites permitidos del Hospital Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social de Ambato... | 92  |
| 3.6.3.1 | Presupuesto. ....   | 98  |
| 3.7     | PRESUPUESTO TOTAL DE LA PROPUESTA .....   | 99  |
| 3.8     | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....  | 100 |
| 3.8.1   | CONCLUSIONES .....  | 100 |
| 3.8.2   | RECOMENDACIONES.....  | 102 |
| 3.9     | GLOSARIO DE TÉRMINOS.....   | 104 |
| 3.10    | BIBLIOGRAFÍA .....  | 107 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| FIGURA 1 RELACIÓN DEL NÚMERO DE CAMAS Y LA DEMANDA DE UN ESTABLECIMIENTO DE SALUD .....  | 4  |
| FIGURA 2 CURVA DE CARGA O DEMANDA .....  | 5  |
| FIGURA 3 DIAGRAMA FASORIAL DE LOS DISTINTOS TIPOS DE CARGA .....                         | 11 |
| FIGURA 4 FORMAS DE ONDAS DE LOS ARMÓNICOS .....  | 17 |
| FIGURA 5 FLUKE 1735 .....  | 26 |
| FIGURA 6 ESQUEMA DE CONEXIÓN DEL ANALIZADOR FLUKE 1735                                   | 27 |
| FIGURA 7 SOFTWARE DE SIMULACION .....  | 28 |
| FIGURA 8 CARACTERÍSTICAS DE LA VENTANA DE INTERFAZ CON EL USUARIO .....                  | 29 |
| FIGURA 9 DIAGRAMA ELÉCTRICO UNIFILAR DEL IESS. ....                                      | 40 |
| FIGURA 10 ESQUEMA ELÉCTRICO SIMPLIFICADO DEL HOSPITAL. ....                              | 44 |
| FIGURA 11 DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DEL HOSPITAL IESS .....                                   | 45 |
| FIGURA 12 CURVAS DE POTENCIAS MEDIDAS DEL TRANSFORMADOR DE 800KVA.....                   | 46 |
| FIGURA 13 CURVA DIARIA POR LÍNEA Y TOTAL DEL TRANSFORMADOR DE 800KVA #12185 .....        | 48 |
| FIGURA 14 INGRESO DE DATOS PARA LA CARGA.....  | 70 |
| FIGURA 15 CURVA DE POTENCIA APARENTE (KVA) POR FASE DEL TRANSFORMADOR GENERAL .....      | 71 |
| FIGURA 16 DIAGRAMA UNIFILAR DEL HOSPITAL IESS DE AMBATO, CONDUCTORES SOBRECARGADOS ..... | 83 |
| FIGURA 17 PARÁMETROS DEL FILTRO ARMÓNICO PROPUESTO .....                                 | 94 |
| FIGURA 18 COMPORTAMIENTO DEL FILTRO EN EL SISTEMA. ....                                  | 95 |



## ÍNDICE DE TABLAS

|   |    |
|---|----|
| TABLA 1 VARIACIONES DE VOLTAJE ADMITIDAS .....  | 15 |
| TABLA 2 VARIACIONES DE VOLTAJE ADMITIDAS CON RESPECTO AL VALOR DEL VOLTAJE NOMINAL.....                               | 18 |
| TABLA 3 POTENCIAS DEL TRANSFORMADOR GENERAL POR LÍNEA Y TOTAL.....  | 47 |
| TABLA 4 RESUMEN DE POTENCIAS MÁX Y MIN DEL TRANSFORMADOR GENERAL .....  | 48 |
| TABLA 5 DESCRIPCIÓN DEL TIEMPO DE VARIACIÓN DE LA CARGA DEL HOSPITAL IESS. ....                                       | 49 |
| TABLA 6 RESUMEN DE PARÁMETROS MEDIDOS DE VOLTAJE Y CORRIENTE POR FASE DEL TRANSFORMADOR 800 KVA. ....                 | 51 |
| TABLA 7 RESUMEN DE PARÁMETROS MEDIDOS DE (THDV) % Y THDI) % POR FASE DEL TRANSFORMADOR 800 KVA.....                   | 52 |
| TABLA 8 RESUMEN DE PARÁMETROS MEDIDOS DE FLICKER Y FACTOR DE POTENCIA POR FASE DEL TRANSFORMADOR 800 KVA # 12185..... | 53 |
| TABLA 9 RESUMEN DE PARÁMETROS MEDIDOS DE VOLTAJE Y CORRIENTE POR FASE DEL TGN.....                                    | 54 |
| TABLA 10 RESUMEN DE PARÁMETROS MEDIDOS DE (THDV) % Y THDI) % POR FASE DEL TGN.....                                    | 55 |
| TABLA 11 RESUMEN DE PARÁMETROS MEDIDOS DE FLICKER Y FACTOR DE POTENCIA POR FASE DEL TGN .....                         | 56 |
| TABLA 12 RESUMEN DE PARÁMETROS MEDIDOS DE VOLTAJE Y CORRIENTE POR FASE DEL TGE .....                                  | 57 |
| TABLA 13 RESUMEN DE PARÁMETROS MEDIDOS DE (THD <sub>v</sub> )% Y (THD <sub>i</sub> ) % POR FASE DEL TGE .....         | 58 |
| TABLA 14 RESUMEN DE PARÁMETROS MEDIDOS DE FLICKER Y FACTOR DE POTENCIA POR FASE DEL TGE.....                          | 59 |
| TABLA 15 RESUMEN DE PARÁMETROS MEDIDOS DE VOLTAJE Y CORRIENTE POR FASE DEL TPN .....                                  | 60 |
| TABLA 16 RESUMEN DE PARÁMETROS MEDIDOS DE (THDV)% Y (THDI) % POR FASE DEL TPN .....                                   | 61 |

|  |    |
|--|----|
| TABLA 17 RESUMEN DE PARÁMETROS MEDIDOS DE FLICKER Y FACTOR DE POTENCIA POR FASE DEL TPN .....                | 62 |
| TABLA 18 RESUMEN DE PARÁMETROS MEDIDOS DE VOLTAJE Y CORRIENTE POR FASE DEL TPE .....                         | 63 |
| TABLA 19 RESUMEN DE LOS PARÁMETROS MEDIDOS DE (THDV)% Y (THDI)% POR FASE DEL TPE .....                       | 64 |
| TABLA 20 RESUMEN DE PARÁMETROS MEDIDOS DE FLICKER Y FACTOR DE POTENCIA POR FASE DEL TPE .....                | 65 |
| TABLA 21 COMPARACION DE LOS DATOS DEL TRAF0 GENERAL .....  | 72 |
| TABLA 22 COMPARACIÓN DE LOS DATOS PERMITIDOS CON LOS DATOS SIMULADOS .....                                   | 73 |
| TABLA 23 PARTES CRITICAS DEL SISTEMA ELECTRICO .....   | 83 |
| TABLA 24 PRESUPUESTO DE LA IMPLEMENTACION PUNTO UNO DE LA PROPUESTA .....                                    | 87 |
| TABLA 25 PRESUPUESTO DE LA IMPLEMENTACION PUNTO UNO DE LA PROPUESTA .....                                    | 88 |
| TABLA 26 RESUMEN DE LOS CAPACITORES A IMPLEMENTARSE .....  | 90 |
| TABLA 27 PARÁMETROS ELÉCTRICOS ANTES Y DESPUÉS DE LA COMPENSACIÓN .....                                      | 91 |
| TABLA 28 PRESUPUESTO IMPLEMENTACION PUNTO 2 DE LA PROPUESTA .....  | 91 |
| TABLA 29 TABLEROS ELÉCTRICOS CONMINADOS CON ARMÓNICAS  | 92 |
| TABLA 30 PORCENTAJE DE ARMÓNICAS REDUCIDAS CON LA COMPENSACIÓN DEL FILTRO EN EL SUBTABLERO STN-1001!!! ..... | 96 |
| TABLA 31 RESUMEN DE LOS PARAMETROS ESTANDARIZADOS DE LOS FILTROS ARMONICOS PROPUESTOS .....                  | 97 |
| TABLA 32 PORCENTAJE DE ARMÓNICOS THDI PROPUESTOS CON LA APLICACIÓN DE FILTROS .....                          | 97 |
| TABLA 33 PRESUPUESTO IMPLEMENTACION PUNTO 3 DE LA PROPUESTA .....  | 98 |
| TABLA 34 COSTO DE EQUIPOS DAÑADOS DEL HOSPITAL .....   | 98 |
| TABLA 35 PRESUPUESTO TOTAL DE LAS PROPUESTAS .....   | 99 |

## ÍNDICE DE ECUACIONES

|                              |    |
|------------------------------|----|
| Ecuación 1 (1.1.4).....      | 5  |
| Ecuación 2 (1.1.7).....      | 6  |
| Ecuación 3 (1.1.8).....      | 7  |
| Ecuación 4 (1.1.9).....      | 7  |
| Ecuación 5 (1.1.11).....     | 8  |
| Ecuación 6 (1.2.6.1).....    | 14 |
| Ecuación 7 (1.2.7.1.1).....  | 16 |
| Ecuación 8 (1.2.7.2.1).....  | 17 |
| Ecuación 9 (1.2.7.2.1).....  | 17 |
| Ecuación 10 (1.2.7.2.6)..... | 21 |
| Ecuación 11 (1.2.7.2.6)..... | 21 |
| Ecuación 12 (1.2.7.2.6)..... | 21 |
| Ecuación 13 (1.2.7.2.6)..... | 21 |
| Ecuación 14 (1.2.7.2.6)..... | 21 |
| Ecuación 15 (1.2.7.2.6)..... | 21 |
| Ecuación 16 (1.2.7.2.6)..... | 21 |
| Ecuación 17 (1.2.7.2.6)..... | 21 |
| Ecuación 18 (1.2.7.2.6)..... | 22 |
| Ecuación 19 (1.2.7.2.6)..... | 22 |
| Ecuación 20 (1.2.7.2.6)..... | 22 |
| Ecuación 21 (1.2.7.2.6)..... | 22 |
| Ecuación 22 (1.2.7.2.6)..... | 22 |
| Ecuación 23 (1.2.7.2.6)..... | 22 |
| Ecuación 24 (1.2.7.2.6)..... | 22 |
| Ecuación 25 (1.2.7.2.6)..... | 22 |
| Ecuación 26 (1.2.7.2.6)..... | 22 |
| Ecuación 27 (1.2.7.2.6)..... | 22 |
| Ecuación 28 (1.2.7.2.6)..... | 22 |
| Ecuación 29 (1.2.7.2.6)..... | 22 |
| Ecuación 30 (1.2.7.2.6)..... | 22 |
| Ecuación 31 (1.2.7.2.6)..... | 23 |

|                              |    |
|------------------------------|----|
| Ecuación 32 (1.2.7.3) .....  | 23 |
| Ecuación 33 (1.2.7.3.4)..... | 24 |
| Ecuación 34 (1.2.7.3.4)..... | 25 |
| Ecuación 35 (3.6.1.1) .....  | 84 |
| Ecuación 36 (3.6.1.1).....   | 84 |



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

Latacunga – Ecuador

---

**TEMA:** “ANÁLISIS DE LA DEMANDA ELÉCTRICA PARA REALIZAR UN DIAGNÓSTICO DE LA CALIDAD DE ENERGÍA EN EL HOSPITAL DEL INSTITUTO ECUATORIANO DE SEGURIDAD SOCIAL (IESS) DE LA CIUDAD DE AMBATO EN EL AÑO 2015”

**AUTORES:**

Basantes Tisalema Juan Carlos

Lalaleo Achachi Diego Fernando

## RESUMEN

En la actualidad el análisis del crecimiento de la demanda eléctrica a nivel mundial ha tomado fuerza, enfocándose en la calidad de servicio, dependiendo del ente regulador y los diferentes usos de la electricidad, para reducir problemas referentes a la calidad de energía que pueda existir en el sistema eléctrico. El presente proyecto está orientado al análisis de la demanda eléctrica para realizar un diagnóstico de la calidad de producto del hospital del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (IESS) de Ambato, planteando soluciones a los problemas que se presenten en sus instalaciones, mejorando la atención a la ciudadanía. Se ejecutó un análisis de la situación actual en la que se encuentra el sistema eléctrico del hospital, se realizó las mediciones con el analizador de red Flucke 1735 en el transformador general, tableros principales y subtableros obteniendo los parámetros eléctricos con los que se encuentra operando. En función de los datos eléctricos recolectados en el hospital, se realizó la evaluación de los mismos, obteniendo los parámetros de comparación con la normativa vigente, emitido por el ARCONEL – CONELEC regulación 004/01 de calidad de servicio: referido a la calidad de producto. El alcance contempla, establecer estrategias de solución utilizando el análisis de los parámetros de la calidad de producto, para cumplir los objetivos establecidos de realizar un diagnóstico de la calidad de energía en base al análisis de la demanda, se simuló el estado actual de todo el sistema eléctrico del hospital con el software ETAP 12.6.0 que dio a conocer las zonas críticas propensas de fallas, para plantear soluciones técnicas del sistema eléctrico aplicable a la corrección de las fallas existentes.

**Palabras Claves:** Demanda eléctrica, calidad de energía, calidad de producto.



**THEME:** “ANALYSIS OF THE ELECTRICAL DEMAND IN ORDER TO DO A DIAGNOSIS OF THE POWER QUALITY IN THE SOCIAL SECURITY ECUADORIAN INSTITUTE HOSPITAL (IESS) OF AMBATO CITY IN 2015.”

**Authors:**

Basantes Tisalema Juan Carlos

Lalaleo Achachi Diego Fernando

## ABSTRACT

Nowadays, the analysis of growth of electricity demand worldwide has taken hold, focusing on service quality, depending on the regulator and the different electricity uses, in order to reduce problems related to power quality that may exist in the electrical system. This project is aimed to the analysis of electricity demand in order to a diagnostic of the product quality in the Social Security Ecuadorian Institute hospital (IESS) of Ambato city, proposing solutions to problems that occur in their facilities, improving the service to the citizenship. An analysis of the current situation where is the electrical system of hospital was made out, measurements were performed with the Flucke 1735 network analyzer in the general transformer, main boards and “subgrids” obtaining the electrical parameters with which it is operating. According to the electrical data collected in the hospital, it was made the evaluation of the same, obtaining the comparison parameters with current regulations, issued by the ARCONEL - CONELEC regulation 004/01 of service quality: based on the product quality. The scope contemplates, to establish solving strategies using the analysis of the parameters of product quality, to achieve the set objectives of making a diagnosis of power quality based on the analysis of demand, it was simulated the current status of all hospital’s electrical system with the ETAP 12.6.0 software which released critical areas susceptible to failure, to propose technical solutions for electrical system applicable to the existing faults correction.

**Keywords:** Electrical Demand, Power Quality, Product Quality.



Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi

CENTRO CULTURAL DE IDIOMAS

## AVAL DE LA TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro Cultural de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal CERTIFICO que: La traducción del resumen de tesis al Idioma Inglés presentado por los señores Egresados de la Carrera de Eléctrica de la Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas: **BASANTES TISALEMA JUAN CARLOS** y **LALALEO ACHACHI DIEGO FERNANDO**, cuyo título versa “ANÁLISIS DE LA DEMANDA ELÉCTRICA PARA REALIZAR UN DIAGNÓSTICO DE LA CALIDAD DE ENERGÍA EN EL HOSPITAL DEL INSTITUTO ECUATORIANO DE SEGURIDAD SOCIAL (IESS) DE LA CIUDAD DE AMBATO EN EL AÑO 2015”, lo realizó bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo al peticionario hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimare conveniente.

Latacunga, Marzo del 2016

Atentamente,

.....  
Lic. M. Sc. Erika Cecilia Borja Salazar  
**DOCENTE CENTRO CULTURAL DE IDIOMAS**  
**C.I:0502161094**

# INTRODUCCIÓN

El alto interés del HOSPITAL DEL INSTITUTO ECUATORIANO DE SEGURIDAD SOCIAL (IESS) DE AMBATO por mejorar la calidad y el servicio del suministro eléctrico, han motivado a que se realicen estudios técnicos, con el propósito de generar beneficios tanto técnico y económico, lo cual conllevan al uso de técnicas renovadas que den una óptima solución operativa, es por ello que opta por realizar el análisis de la demanda para realizar un diagnóstico de la calidad de energía. El presente proyecto tiene como finalidad presentar una propuesta que permita tener una calidad de energía adecuada en el sistema eléctrico, mediante una simulación y análisis de los resultados que permitirá verificar el estado en el que se encuentra y las anomalías que se presenten en el sistema.

La investigación está constituida de tres capítulos, en capítulo I está dedicada al marco teórico donde se trata de manera general la fundamentación teórica de la investigación relacionada, con referencia a la demanda, calidad de servicio enfocada a la calidad del producto basadas en la regulación del ARCONEL- CONELEC 004/01 vigente para la calidad de servicio.

El desarrollo de la metodología se presenta en el capítulo II, mediante la investigación de campo en conjunto con la investigación exploratoria y descriptiva, se realizará el análisis e interpretación de la información adquirida, y con los resultados obtenidos se evaluará las condiciones actuales del sistema eléctrico.

El capítulo III, se desarrolla la propuesta del tema de investigación, con lo cual se plantea la simulación del sistema con el software ETAP 12.6.0, en el que simulara y planteara soluciones a las anomalías que presente el sistema eléctrico del hospital IEES de Ambato.



# **CAPITULO I**

## **1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA**

### **ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS**

Los trabajos de investigaciones que anteceden a este, permite hacer comparaciones y tener ideas sobre el problema que se va a estudiar, en varios proyectos efectuados en los últimos años, cada uno aporta valiosa experiencia del funcionamiento de las instalaciones de los hospitales y problemas que se generan.

(AGUIRRE Luis, 2010 pág. 135) en su trabajo de tesis de "Análisis de carga del Hospital San Vicente de Paúl de la ciudad de Ibarra y propuesta para el cumplimiento de la calidad de energía según regulación No. CONELEC 004/01" , cuya investigación hace referencia al funcionamiento del hospital San Vicente de Paúl con parámetros técnicos de calidad no adecuados presentados en las instalaciones, los problemas críticos encontrados son: transformadores subutilizados, que después de realizar las respectivas mediciones y comparaciones se conoce que su uso es de 0,19 % , 3,86 % y 17,5 % de su capacidad nominal, estos problemas se generan por la falta de personal capacitado en el área de mantenimiento del hospital y a una descoordinación del uso de los equipos instalados.

El transformador es un elemento principal de la instalación eléctrica de los establecimientos comerciales, industriales y asistenciales, el mismo que entrega energía necesaria para la utilización en los diferentes equipos conectados al sistema

permitiendo realizar actividades internas, el mal funcionamiento del transformador principal ocasionará que todo el sistema se contamine produciendo daños en los equipos y envejecimiento prematuro.(FREIRE David, 2010 pág. 259) en su tesis de grado de "Análisis de calidad de energía en los edificios utilizados por el Hospital León Becerra" da a conocer que:

"Hay situaciones que se presentan en este sistema, que son exclusivos de las cargas que se encuentran conectadas, hay cargas que generan un factor de potencia bajo, que inyectan potencia reactiva capacitiva al sistema, esta energía reactiva entregada al sistema por esta carga, pudiera ser consumida por las cargas que generen potencia reactiva en retraso; pero el hecho es, que las cargas no deben entregar reactivos a otras cargas porque la condición del sistema no puede estar sujeta a la operancia o inoperancia de estas cargas y lo que si se debe hacer es colocar bancos correctores para las cargas problema, esto genera las cargas con un bajo factor de potencia sea en adelanto o retraso y perjudican al rendimiento de la carga."

Las instalaciones de los hospitales son independientes, con departamentos asignados a las diferentes áreas de especialización que están disponibles, por lo cual el sistema eléctrico del hospital se debe dividir dependiendo al área a la cual se vaya a utilizar aislando de las posibles fallas que existirán en los circuitos.

(Núñez Jose, 2011 pág. 112) expresa en su trabajo de tesis de "Evaluación y diagnóstico del sistema eléctrico del Hospital Provincial General de Latacunga" da a conocer que:

"Las regulaciones garantiza a los consumidores un suministro eléctrico continuo y confiable, dichas regulaciones establecen valores límites que deben ser continuas" y "la cantidad de iluminación en la mayor parte de los espacios que tiene el hospital, no cumple con los niveles establecidos por fabricantes de lámparas."

Las regulaciones emitidas por el CONELEC permiten controlar la calidad del servicio eléctrico que el consumidor hace uso, para verificar los índices de calidad

es necesario tomar mediciones de los equipos que conforman el sistema eléctrico, el tiempo necesario que se aplicará lo dicta la regulación como es de 7 días continuos. También el sistema de iluminación debe garantizar un buen ambiente luminoso para las personas que están relacionadas en el hospital, brindando un servicio de calidad.

(GRANDE Nelsón, 2012 pág. 73) en la tesis de "Calidad de energía y eficiencia energética en edificios Públicos" afirma que "Un estudio de calidad de energía es importante ya que nos permite identificar las causas del deterioro o mal funcionamiento de los equipos".

Un sistema eléctrico que funcione correctamente garantiza menores costos de operación y mantenimiento, brindando energía eléctrica de calidad evitando sanciones por incumplimientos de parámetros de calidad establecidos en las normativas, también el uso de equipos más eficientes que cumplan normas de calidad ayuda a reducir la contaminación del sistema eléctrico.

## **Marco conceptual de la variable independiente**

**Variable Independiente:** Análisis de la demanda eléctrica.

### **1.1 DEMANDA ELÉCTRICA**

#### **1.1.1 Introducción**

Con el transcurso del tiempo y los adelantos tecnológicos han mejorado el confort de los usuarios, siendo fundamental la electricidad la fuente de energía para el funcionamiento, los hospitales en la actualidad han adquirido nuevas tecnologías logrando mejorar sus servicios y garantizando el bienestar de los pacientes.

Los hospitales son un componente importante del sistema de atención que ofrecen servicios médicos, en distintos países se aplican normativas para la construcción de los hospitales, como en Uruguay la normativa para la habilitación de

establecimientos asistenciales, en Nicaragua el Manual de Habilitación de clínicas y Hospitales, esto garantiza el funcionamiento del establecimiento asistencial que cumplan con los requisitos mínimos que exigen para su perfil de atención médica. El Ecuador antiguamente no poseía normativa específica en instalaciones eléctricas para construcciones y se realizaban con apoyo de normas internacionales, en la actualidad el Ecuador adopta el código NEC National Electrical Code (Código Eléctrico Nacional), que describen la forma de construcción e instalación eléctrica.

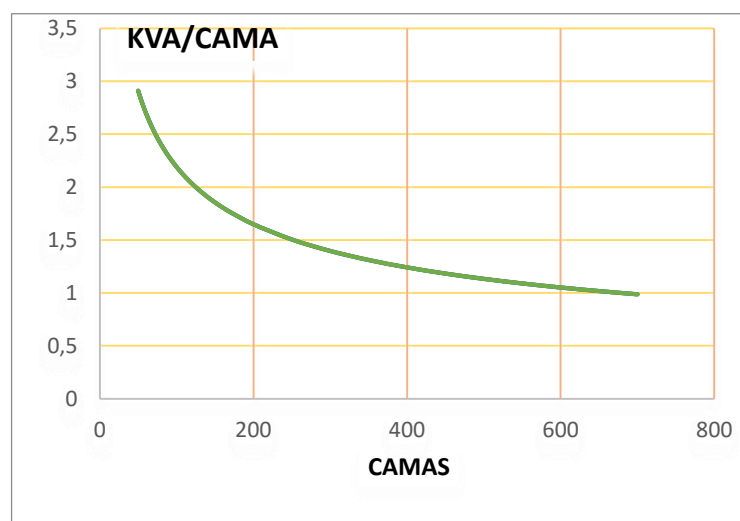
### 1.1.2 Definición

Según el (ARCONEL-CONELC-007/00, 2000 pág. 5) define la demanda como “Es la potencia requerida por un sistema o parte de él, promediada en un intervalo de tiempo previamente establecido”.

(ENERGY, 2016 pág. 1) Según TXU ENERGY define “La demanda eléctrica es una medida de la tasa promedio del consumo eléctrico de sus instalaciones en intervalos de 15 minutos”

La demanda eléctrica es la potencia requerida por un sistema en un determinado tiempo. En la fig. 1 se observa la demanda que se utilizaría en función de las camas.

FIGURA 1 RELACIÓN DEL NÚMERO DE CAMAS Y LA DEMANDA DE UN ESTABLECIMIENTO DE SALUD



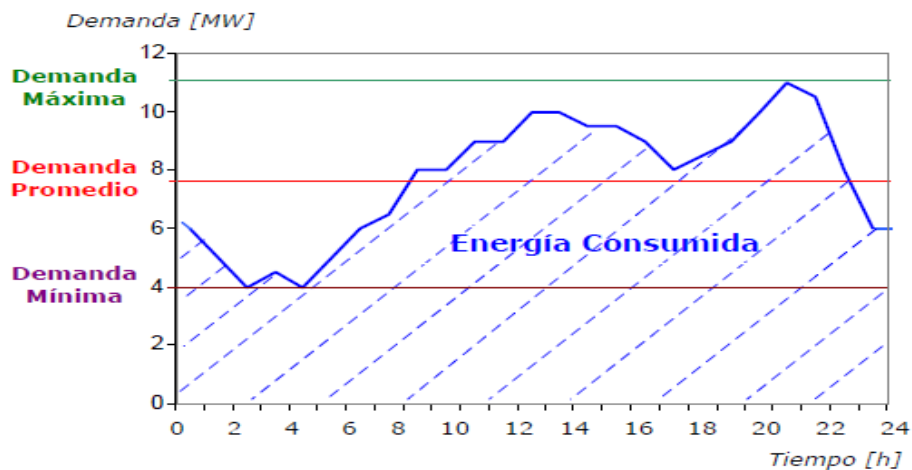
FUENTE: Marcial Rodrigo, (2015, pág. 74)

### 1.1.3 Curva de carga o demanda

Según (GONZALES Chino, 2014 pág. 1) define la curva de la demanda “Es la representación gráfica de como varia la demanda o carga eléctrica en el transcurso del tiempo como se observa en la fig. 2. El intervalo de tiempo elegido para realizar el análisis, puede ser diario, semanal, mensual, anual. La carga no es constante en el periodo analizado”.

Es la representación de la carga en función del tiempo.

FIGURA 2 CURVA DE CARGA O DEMANDA



FUENTE: GONZALES Chino, (2014, pág. 1)

### 1.1.4 Demanda promedio

Según (VILLAVICENCIO Darwin, 2012 pág. 110) define la demanda promedio como: “Es la demanda media requerida por el sistema en un determinado período de tiempo, su unidad de medida suele ser el kW o los kVA, su expresión es:

$$Dm = \frac{\text{Energía requerida en un periodo de tiempo}}{\text{periodo de tiempo}} \quad \text{Ecuación 1 (1.1.4)}$$

Es la demanda media requerida por el sistema en un determinado período de tiempo, su unidad de medida suele ser el kW o los kVA, su expresión es:

### **1.1.5 Demanda Máxima**

Según el (ARCONEL-CONELEC-007/00, 2000 pág. 5) define como “Consumo máximo de potencia eléctrica registrado en un período de tiempo determinado”.

Es el máximo requerimiento de carga que tiene el sistema durante un período de tiempo, la particularidad de este parámetro es que su duración es pequeña en comparación con la duración del intervalo de tiempo analizado.

### **1.1.6 Factor de demanda**

Según (HAWKING Stephen, 1986 pág. 41) define que “Es la relación entre la demanda máxima y la capacidad en kW o kVA del sistema en análisis, en función de que los equipos son dimensionados para la demanda máxima, el factor de demanda siempre será menor que la unidad. Este factor representa el porcentaje máximo en que la demanda hace uso de la capacidad del sistema”.

El factor de demanda es la capacidad a la que se encuentra operando, es recomendable que se mantenga constante la curva de carga para que no tenga variaciones prolongadas

### **1.1.7 Factor de utilización**

Según (HAWKING Stephen, 1986 pág. 110) “Es la razón entre la demanda máxima y la capacidad nominal del sistema (capacidad instalada) en un intervalo de tiempo t”, es decir:

$$FD = \frac{\text{Demanda Máxima}}{\text{Capacidad del sistema}} \quad \text{Ecuación 2 (1.1.7)}$$

El factor de utilización es la frecuencia con la que se usa la carga en un determinado tiempo.

### **1.1.8 Factor de diversidad**

Según (HAWKING Stephen, 1986 pág. 44) define “Es el cociente de la suma de las demandas máximas individuales en las distintas partes de un sistema o la instalación y la demanda máxima del sistema o instalación”.

$$\text{Factor de diversidad} = \frac{\text{Suma de las demandas máximas individuales}}{\text{Demanda máxima del sistema}} \quad \text{Ecuación 3 (1.1.8)}$$

Es importante en el diseño de redes eléctricas porque permite economizar y no sobredimensionar las redes proyectadas.

### **1.1.9 Factor de simultaneidad**

Es una cantidad menor o igual a la unidad que se obtiene como el recíproco del factor de diversidad. Es factor que indica la operación de los equipos al mismo instante.

$$\text{Factor de simultaneidad} = \frac{1}{\text{Factor de diversidad}} \quad \text{Ecuación 4 (1.1.9)}$$

### **1.1.10 Carga instalada, conectada o declarada**

Según el (ARCONEL-CONELC-002/02, 2002 pág. 2) define la carga instalada como “La suma de los valores nominales de potencia de todas las cargas eléctricas que pueden ser conectadas en las instalaciones de un consumidor”.

Es la suma de las potencias nominales (KVA o KW) de los aparatos que se encuentran conectadas en el sistema.

### **1.1.11 Factor de carga**

Según el (ARCONEL-CONELC-007/00, 2000 pág. 6) define factor de carga “Es una medida del grado de uniformidad de la demanda en un período, usualmente un

año, equivalente a la relación entre la demanda promedio respecto a la demanda máxima durante el mismo período, expresado en porcentaje”.

Es la relación entre la demanda promedio y la demanda máxima, la cual nos da en porcentaje.

$$FC = \frac{\text{Demanda promedio}}{\text{Demanda máxima}} \quad \text{Ecuación 5 (1.1.11)}$$

### **1.1.12 Densidad de carga**

Según (VILLAVICENCIO Darwin, 2012 pág. 110) “Es el cociente de la carga instalada y el área de la instalación considerada, se expresa en KVA/m<sup>2</sup>, y para los propósitos de planeación de una instalación eléctrica, en particular industriales”.

Es la carga instalada en un área de construcción expresada la potencia en KVA/ m<sup>2</sup> o KW/ m<sup>2</sup>.

### **1.1.13 Comportamiento de la demanda**

La demanda, como ya se ha mencionado, tiene un comportamiento que cambia en función de muchas variables, sin embargo, en los sistemas de distribución es posible identificar tres comportamientos típicos que dependen del uso que se realice de la energía, pudiendo definir los siguientes tipos: demanda residencial, demanda comercial y demanda industrial. La demanda tiene diferentes comportamientos dependiendo en el área que se analice ya sea residencial, demanda comercial y demanda industrial.

#### **1.1.13.1 Demanda tipo residencial**

Este tipo de demanda se encuentra en zonas donde los usuarios hacen un uso típico de vivienda, este tipo de consumo responde mayoritariamente a las costumbres de vida de una familia en donde el consumo comienza a incrementarse



aproximadamente desde las 05:30 y continúa en aumento hasta las 12 o 13:00 hora a partir de la cual se da un valle de consumo de energía que dura aproximadamente hasta las 18:00 hora a partir de la cual se incrementa hasta alcanzar el pico máximo cerca de las 20:00 para luego comenzar a disminuir y llegar al nivel de valle de consumo de energía nocturno a las 23:00, el cual dura hasta las 5:30 para nuevamente comenzar el ciclo.

La demanda residencial varía en función de las horas frecuentes que las personas se encuentran en sus domicilios.

### **1.1.13.2 Demanda tipo comercial**

La demanda de tipo comercial, difiere de la demanda residencial en que responde al comportamiento de los negocios y empresas que laboran en una o dos jornadas diarias, lo cual hace que experimente un incremento sostenido en horas de la mañana, tenga un ligero decremento al medio día manteniendo un valle en horas de la tarde y finalmente se reduzca hasta un valor de valle nocturno desde las 19:00, la demanda comercial se presenta en horas laborables.

### **1.1.13.3 Demanda tipo industrial**

En el caso de la demanda industrial, la forma de la curva dependerá del proceso de fabricación o del producto que se considere en el análisis.

Para este tipo de demanda se tiene que típicamente puede ser de dos tipos: la demanda de un proceso constante cuyo perfil es prácticamente plano y corresponde a plantas industriales de fabricación continua con horarios de trabajo 24/7 en tres turnos, y, la demanda de proceso de fabricación no continua en cuya forma se pueden observar los cambios en el requerimiento de energía por parte del proceso y por lo tanto es más irregular.

La demanda industrial se presenta en la 24 hora de producción ya que trabajan por jornadas.

#### **1.1.14 TIPOS DE CARGA**

Las diferentes cargas conectadas al sistema demuestran diferentes comportamientos que se demuestran en rangos de carga vs voltaje, en general existen dos tipos de cargas dentro de los sistemas eléctricos:

##### **1.1.14.1 Cargas lineales**

Es cuando la tensión aplicada a sus extremos y la corriente que pasa por ella están estrechamente relacionadas.

##### **1.1.14.2 Cargas no lineales**

Es cuando la relación tensión/corriente no es constante

#### **1.1.15 Factor de potencia y tipos de cargas en los circuitos eléctricos**

##### **1.1.15.1 Cargas resistivas.**

Las cargas son referidas como si tuvieran una resistencia eléctrica designada, se encuentran en equipos como lámparas incandescentes, planchas y estufas eléctricas, en cuyo caso el factor de potencia toma el valor de 1.0.

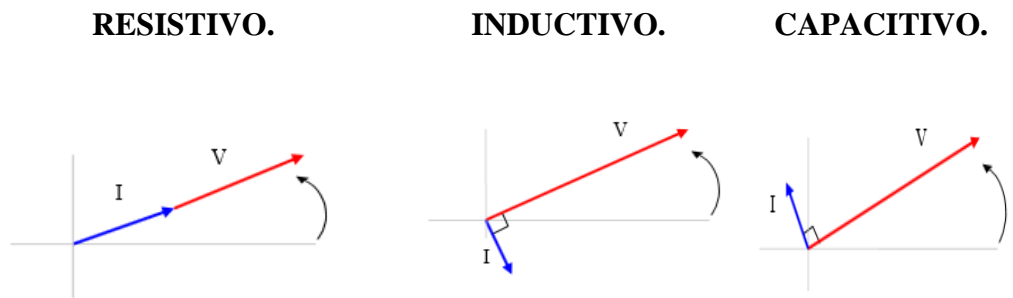
##### **1.1.15.2 Cargas inductivas.**

Las cargas inductivas se encuentran donde haya bobinados, como los motores, balastos, transformadores, entre otros, por lo cual trabajan con un factor de potencia menor a 1.0.

##### **1.1.15.3 Cargas capacitivas.**

Las cargas capacitivas se presentan en los capacitores y se caracterizan porque la corriente se desfasa  $90^\circ$  respecto de la tensión, se observa en la fig. 3

FIGURA 3 DIAGRAMA FASORIAL DE LOS DISTINTOS TIPOS DE CARGA



FUENTE : Compensación de potencia reactiva

### Marco conceptual de la variable dependiente

**Variable Dependiente:** Evaluar los índices de calidad de energía del sistema eléctrico del Hospital Del Instituto Ecuatoriano De Seguridad Social (IESS).

## 1.2 CALIDAD DE ENERGÍA

### 1.2.1 Introducción

Las empresas necesitan un suministro eléctrico fiable y de buena calidad, en la actualidad todas las operaciones comerciales y todos los procesos industriales se controlan con equipos electrónicos e informáticos, estas y otras cargas eléctricas importantes están expuestas a las perturbaciones presentes en la red que afectan a la calidad y fiabilidad del sistema eléctrico.

La productividad y eficiencia de las empresas dependen totalmente de un suministro eléctrico de calidad, las anomalías en la iluminación, mal funcionamiento de los ordenadores, protecciones que actúan intempestivamente y sobrecalentamiento en los equipos son efectos típicos de la falta de calidad del suministro eléctrico.

Si estos problemas se ignoran, pueden producir fallas indeseables, fallos en los equipos, situaciones de riesgo para la seguridad de las personas y un excesivo consumo de energía.

### **1.2.2 Definición**

Según la norma IEEE, 519 –1992: “Un problema de calidad de potencia es debido a cualquier variación en el servicio de potencia eléctrica que da lugar al funcionamiento defectuoso o fallo en el equipamiento del usuario tal como, reducción de voltaje, sobre voltaje, transitorios, distorsión armónica y ruido eléctrico”.

La calidad de energía se refiere a mantener la estabilidad de voltaje, frecuencia y la continuidad del servicio eléctrico, ofreciendo un correcto producto eléctrico, con una confiabilidad aceptable del sistema eléctrico.

### **1.2.3 Origen de la mala calidad de energía**

El avance tecnológico y el crecimiento acelerado de equipos electrónicos adquiridos por los usuarios, crean graves problemas en la calidad de energía con la aparición de armónicos, ruidos, transitorios y fluctuaciones de voltaje, afectando la calidad de procesos.

### **1.2.4 Importancia de la calidad de energía**

Según (VIQUEZ Irene, 2007 pág. 8) “La calidad de energía se ha convertido en toda un área de estudio dentro de la ingeniería eléctrica, debido a que la evaluación de los sistemas eléctricos y su calidad de energía resulta importante tanto por factores técnicos como económicos”, entre los cuales se pueden mencionar:

- Aumento en la vida útil de los equipos.
- Funcionamiento eficiente de los mismos.
- Menor riesgo de fallas, con esto se aumenta la confiabilidad de operación.
- Disminución de costos por mantenimiento.

- Reducción de costos de operación ante una menor compra de dispositivos de protección y sistemas de respaldo.
- Menor inversión en pólizas de seguros ante un mejor desempeño de los equipos.
- Se reduce el riesgo de demandas y su consecuente costo.
- Se evitan pérdidas en las líneas de producción.

La calidad de energía es un sinónimo de confiabilidad en el sistema reduciendo costos por pérdida de continuidad del servicio y sobredimensionamiento de las instalaciones, evita el mal funcionamiento del sistema eléctrico.

### **1.2.5 CALIDAD DE PRODUCTO**

Son los parámetros eléctricos con los que la energía debe llegar al consumidor garantizando buena calidad.

Según la regulación (ARCONEL-CONELEC-004/01, 2001 pág. 3), “la Calidad del Producto comprende los siguientes aspectos”.

- a. Nivel de voltaje
- b. Perturbaciones de voltaje
- c. Factor de Potencia

### **1.2.6 NIVEL DE VOLTAJE**

Según la (RETIE, 2013 pág. 31) define el voltaje como "La diferencia de potencial eléctrico entre dos conductores, que hace que fluyan electrones por una resistencia".

Según el (ARCONEL-CONEL-004/01, 2001 pág. 2.) “Se refiere a los niveles de alto voltaje (AV), medio voltaje (MV) y bajo voltaje (BV) definidos en el Reglamento de Suministro del Servicio”.

Existen diferentes niveles de voltaje dependiendo en el área que se vaya maniobrar clasificándose en de alto voltaje (AV), medio voltaje (MV) y bajo voltaje (BV) los cuales se encuentran en los reglamentos.

Las fórmulas y parámetros para determinar la calidad de voltaje se establecen en la Regulación No. (ARCONEL-CONEL-REGLAMENTO SUSTITUTIVO, 2005 pág. 3). También determina los siguientes niveles de voltaje:

- Bajo voltaje: inferior a 0,6 kV
- Medio voltaje: entre 0,6 y 40 kV
- Alto voltaje: mayor a 40 kV

#### **1.2.6.1 Índice de calidad de voltaje**

$$\Delta V_k(\%) = \frac{V_k - V_n}{V_n} * 100 \quad \text{Ecuación 6 (1.2.6.1)}$$

Donde:

$\Delta V_k$ : variación de voltaje, en el punto de medición, en el intervalo k de 10 minutos.

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

$V_n$ : voltaje nominal en el punto de medición.

#### **1.2.6.2 Límites de voltaje**

Según el (ARCONEL-CONEL-004/01, 2001 pág. 5) define:

Las variaciones de voltaje admitidas con respecto al valor del voltaje nominal se señalan en la tabla 1:

TABLA 1 VARIACIONES DE VOLTAJE ADMITIDAS

|                       | Subetapa 2    |
|-----------------------|---------------|
| Alto Voltaje          | $\pm 5,0 \%$  |
| Medio Voltaje         | $\pm 8,0 \%$  |
| Bajo Voltaje. Urbanas | $\pm 8,0 \%$  |
| Bajo Voltaje. Rurales | $\pm 10,0 \%$ |

FUENTE: CONELEC regulación 004/01

### 1.2.6.3 Variaciones de voltajes

Según (SCHNEIDER - FERRACCI Philippe, 2001 pág. 13) expresa que "Las variaciones de voltaje son variaciones del valor eficaz o del valor de cresta de una amplitud inferior al 10% de la tensión nominal".

Son incrementos o decrementos de voltaje los cuales deben estar dentro de los límites permitidos por la regulación.

### 1.2.6.4 Sobre voltajes debido a armónicos

Las armónicas se definen como los voltajes y corrientes a frecuencia superiores a la nominal de 60 Hz. Los problemas actuales de armónicas se deben a un número de factores, el efecto más relevante es el envejecimiento prematuro de los equipos.

### 1.2.7 PERTURBACIONES DE VOLTAJE.

Según, la REGULACIÓN (ARCONEL-CONELEC-004/01, 2001 pág. 6), "expresa como problemas principales al parpadeo (Flicker) y armónicos".

### 1.2.7.1 Parpadeo (Flicker)

Según (VIQUEZ Irene, 2007 pág. 16) “Las cargas que exhiben variaciones rápidas y continuas en la magnitud de la corriente de la carga, pueden provocar fluctuaciones rápidas en la tensión, conocidas como flickers o “parpadeos” de la luz percibidas por el ojo humano. La señal de estos “parpadeos” se define según su valor rms como un porcentaje de la señal fundamental y son medidos con respecto a la sensibilidad del ojo humano”.

El parpadeo son variaciones continuas de la corriente las cuales son visibles para el ojo humano en tiempos prolongados siento esto una sensación molesta.

#### 1.2.7.1.1 Índice de calidad de flicker

Para efectos de la evaluación de la calidad, en cuanto al flicker, se considerará el Índice de Severidad por Flicker de Corta Duración (Pst), en intervalos de medición de 10 minutos, definido de acuerdo a las normas IEC.

El mismo que es determinado mediante la siguiente expresión:

$$P_{st} = \sqrt{0.0314P_{0.1} + 0.0525P_1 + 0.0657P_3 + 0.28P_{10} + 0.08P_{50}} \quad \text{Ecuación 7 (1.2.7.1.1)}$$

Donde:

Pst: Índice de severidad de flicker de corta duración.

P<sub>0.1</sub>, P<sub>1</sub>, P<sub>3</sub>, P<sub>10</sub>, P<sub>50</sub>: Niveles de efecto “flicker” que se sobrepasan durante el 0.1%, 1%, 3%, 10%, 50% del tiempo total del periodo de observación.

#### 1.2.7.1.2 Límites del flicker

El índice de severidad del Flicker P<sub>st</sub> en el punto de medición respectivo, no debe superar la unidad.



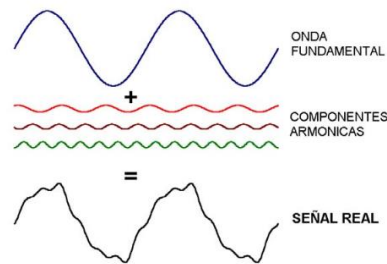
Se considera el límite  $P_{st} = 1$  como el tope de irritabilidad asociado a la fluctuación máxima de luminancia que puede soportar sin molestia el ojo humano en una muestra específica de población.

### 1.2.7.2 ARMÓNICOS

Según (ARCONEL-CONELEC-004/01, 2001 pág. 2) define “Los armónicos son ondas sinusoidales de frecuencia igual a un múltiplo entero de la frecuencia fundamental de 60 Hz”

Los armónicos son los principales factores de contaminación del sistema distorsionando la forma de onda fundamental dependiendo de la armónica que tenga el sistema como se observa en la fig. 4

FIGURA 4 FORMAS DE ONDAS DE LOS ARMÓNICOS



FUENTE : Minimización de los efectos de las perturbaciones eléctricas

#### 1.2.7.2.1 Índices de calidad de armónicos

$$V_i^! = \left( \frac{V_i}{V_n} \right) * 100 \quad \text{Ecuación 8 (1.2.7.2.1)}$$

$$THD = \left( \frac{\sqrt{\sum_{i=2}^{40} (V_i)^2}}{V_n} \right) * 100 \quad \text{Ecuación 9 (1.2.7.2.1)}$$

Donde:

$V_i^!$ : factor de distorsión armónica individual de voltaje.

THD: factor de distorsión total por armónicos, expresado en porcentaje.

$V_i$ : valor eficaz (rms) del voltaje armónico “i” (para  $i = 2... 40$ ) expresado en voltios.

$V_n$ : voltaje nominal del punto de medición expresado en voltios.

### 1.2.7.2.2 Límites de armónicos

Los valores eficaces (rms) de los voltajes armónicos individuales ( $V_i'$ ) y los THD, expresados como porcentaje del voltaje nominal del punto de medición respectivo, no deben superar los valores límite ( $V_i'$  y  $THD'$ ) señalados a continuación Tabla 2, para efectos de esta regulación se consideran los armónicos comprendidos entre la segunda y la cuadragésima, ambas inclusive.

TABLA 2 VARIACIONES DE VOLTAJE ADMITIDAS CON RESPECTO AL VALOR DEL VOLTAJE NOMINAL

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

FUENTE : CONELEC regulacion 004/01

### **1.2.7.2.3 Fuentes de armónicos**

Son precisamente las propias cargas y se pueden clasificar según su pertenencia al entorno industrial o doméstico.

**Cargas industriales:** Son los equipos de electrónica de potencia y cargas que utilizan el arco eléctrico.

**Cargas domésticas:** Poseen convertidores o fuentes de alimentación conmutada.

### **1.2.7.2.4 Los niveles de armónicos.**

Varían generalmente según el modo de funcionamiento del aparato, la hora del día y la estación, como las fuentes de alimentación generan normalmente armónicos impares, y los interarmónicos son componentes senoidales, que no son de frecuencias múltiplos enteros de la fundamental, se deben a variaciones periódicas o aleatorias de potencia absorbida por receptores como hornos de arco.

### **1.2.7.2.5 Filtros pasivos para componentes armónicas.**

Según (RIOS Carlos, 2003 pág. 1) “El uso de filtros para componentes armónicas en sistemas potencia tiene dos objetivos: Servir de sumidero para las corrientes y tensiones armónicas; y proveer al sistema toda o parte de la potencia reactiva que éste necesita”.

El filtro incorporado al sistema eléctrico contaminado permite reducir los THD de voltaje y corriente reduciendo daños en los equipos conectados.

Los filtros pasivos son los siguientes.

- Filtros Series.
- Filtros Shunt o paralelo.

Los Filtros Series evitan el paso de una componente de frecuencia particular, desde el contaminante hacia alguna componente de la planta o parte del sistema de potencia, mediante la presencia de una gran impedancia serie a la frecuencia especificada. Estos constan de un inductor y un capacitor en paralelo que se posicionan en serie a la parte de la red que se desea proteger.

#### **1.2.7.2.6 Los Filtros Shunt o paralelo**

Proveen un paso alternativo de muy baja impedancia para las frecuencias armónicas, y consisten en una rama resonante serie, compuesta por elementos RLC en conexión paralela con el sistema de alimentación, entre otros.

Existe una gran variedad de configuraciones de filtros, pero las más utilizadas son los “Filtros Sintonizados Simples” y los “Pasa Altos”.

El Filtro Sintonizado Simple elimina una armónica determinada; consiste en un banco de condensadores conectados en serie con un inductor.

Según (ALVARADO Héctor, 2010 pág. 43) “Los pasos para diseñar un filtro armónico usando las relaciones básicas que permitan una operación confiable pueden ser sintetizados como sigue”.

1. Calcular la capacitancia necesaria para mejorar el factor de potencia y eliminar cualquier penalización por la compañía del suministro eléctrico.
2. Elegir un reactor para cambiar el capacitor serie a la frecuencia armónica deseada.
3. Calcular la tensión pico en las terminales del capacitor y la corriente rms del reactor.
4. Elegir componentes comerciales para el filtro y verificar el desempeño del filtro para asegurar que los componentes del capacitor operan entre los límites

recomendados por la norma IEEE-18-2002. Esto podría requerir de un número de iteraciones hasta que la reducción deseada de los niveles armónicos sea lograda.

Para el cálculo del filtro sintonizado simple se puede utilizar las siguientes fórmulas:

$$Q_c = Q_1 - Q_2 = P(tg\phi_1 - tg\phi_2) \quad \text{Ecuación 10 (1.2.7.2.6)}$$

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} V * \cos \phi} \quad \text{Ecuación 11 (1.2.7.2.6)}$$

Donde:

P= Es la potencia activa en W.

$\phi_1, \phi_2$ = Ángulo de desfase antes y después de la corrección.

Q1, Q2= potencia reactiva antes y después de la corrección en VAR.

Qc, = Potencia reactiva de corrección en VAR.

I= Corriente en amperios, A.

V= Voltaje nominal en voltios, V.

$$X_{eff} = \frac{V_{LL}^2}{Q_{eff}} \quad \text{Ecuación 12 (1.2.7.2.6)}$$

$$X_C = \frac{h^2}{h^2 - 1} * X_{eff} \quad \text{Ecuación 13 (1.2.7.2.6)}$$

$$C = \frac{1}{2\pi f X_C} \quad \text{Ecuación 14 (1.2.7.2.6)}$$

$$X_L = \frac{X_C}{h^2} \quad \text{Ecuación 15 (1.2.7.2.6)}$$

$$L = \frac{X_L}{2\pi f} \quad \text{Ecuación 16 (1.2.7.2.6)}$$

$$R = \frac{X_L(f_{res})}{Q_f} \quad \text{Ecuación 17 (1.2.7.2.6)}$$

Para que el filtro se sincronice a la frecuencia requerida, se debe cumplir con las condiciones recomendadas por la norma IEEE-18-2002.

$$1) \text{ impedancias iguales } \frac{X_C}{h} = X_L * h \quad \text{Ecuación 18 (1.2.7.2.6)}$$

$$2) \text{ \% margen de corriente} = \frac{I_{total\ rms}}{I_{fund(1)}} * 100 \leq 135\% \quad \text{Ecuación 19 (1.2.7.2.6)}$$

$$I_{fund(1)} = \frac{\frac{V_{LLsist}}{\sqrt{3}}}{(X_C - X_L)} \quad \text{Ecuación 20 (1.2.7.2.6)}$$

$$I_{total\ rms} = \sqrt{I_1^2 + I_3^2 + I_5^2 + I_7^2 + I_9^2 + I_{11}^2 + I_{13}^2 + I_n^2} \quad \text{Ecuación 21 (1.2.7.2.6)}$$

$$3) \text{ \% margen de voltaje pico} = \frac{V_{C\ L-N\ total\ pico}}{V_{L-N\ pico\ del\ sist}} * 100 \leq 120\% \quad \text{Ecuación 22 (1.2.7.2.6)}$$

$$V_C(1) = I_f(1) * X_C \quad \text{Ecuación 23 (1.2.7.2.6)}$$

$$V_C(h) = \sum_h^n I(h) * \frac{X_C}{h} \quad \text{Ecuación 24 (1.2.7.2.6)}$$

$$V_{C\ L-N\ total\ pico} = \sqrt{2} * ((V_C(1) + (V_C(h))) \quad \text{Ecuación 25 (1.2.7.2.6)}$$

$$V_{L-N\ sist} = \frac{V_{LL\ sist}}{\sqrt{3}} \quad \text{Ecuación 26 (1.2.7.2.6)}$$

$$V_{L-N\ pico\ del\ sist} = \sqrt{2} * V_{L-N\ sist} \quad \text{Ecuación 27 (1.2.7.2.6)}$$

$$4) \text{ \% margen de voltaje rms} = \frac{V_{C\ L-N\ total\ rms}}{V_{L-N\ rms\ sist}} * 100 \leq 110\% \quad \text{Ecuación 28 (1.2.7.2.6)}$$

$$V_{C\ L-N\ total\ rms} = \sqrt{V_{C(1)}^2 + V_{C(3)}^2 + V_{C(5)}^2 + V_{C(7)}^2 + V_{C(9)}^2 + V_{C(11)}^2 + V_{C(13)}^2 + V_{C(n)}^2} \quad \text{Ecuación 29 (1.2.7.2.6)}$$

$$5) \text{ \% margen de VA} = \frac{Q_{3\phi\ recalculada}}{Q_{3\phi}} * 100 \leq 135\% \quad \text{Ecuación 30 (1.2.7.2.6)}$$

6) calentamiento del dieléctrico

$$|\sum_h(V_h * I_h)| \leq 1,35 * Q_{3\phi} \text{ recalculada} \quad \text{Ecuación 31 (1.2.7.2.6)}$$

Donde:

- $X_{\text{eff}}$  = Reactancia efectiva del filtro en  $\Omega$ .
- $V$  = Voltaje del sistema en V.
- $X_C$  = Reactancia del capacitor en  $\Omega$ .
- $h$  = Armónica de sintonía con 6% menor ( $h*0,6$ ) para evitar resonancia.
- $f$  = frecuencia fundamental 60 hertz.
- $C$  = Capacitancia del capacitor en  $\mu\text{F}$ .
- $Q_f$  = factor de calidad del filtro recomendado de 20 a 30.
- $f_{\text{res}}$  = frecuencia sintonizada ( $h*0,6$ ) en hertz.
- $L$  = Inductancia en mH.

### 1.2.7.3 FACTOR DE POTENCIA

Según (SCHNEIDER, 2008 pág. 3) define como “El factor de potencia de una carga, que puede ser un elemento único que consume energía o varios elementos (por ejemplo, toda una instalación), lo da la relación de P/S, es decir, kW divididos por kVA en un momento determinado”, También se lo puede definir como el coseno del ángulo de fase existente entre el voltaje y la corriente cuando las ondas son sinusoidales puras. Matemáticamente se escribe:

$$\cos\varphi = \frac{P}{S} \quad \text{Ecuación 32 (1.2.7.3)}$$

Donde:

**Cos  $\varphi$ :** factor de potencia

**P:** Potencia activa en kW

**S:** Potencia aparente en kVA

El factor de potencia está comprendido entre 0 y 1 es un factor que si no se lo corrige provoca que se efectúen penalizaciones a la empresa distribuidora, el valor mínimo recomendado por el CONELEC es de 0,92.

### 1.2.7.3.1 Índice de calidad del factor de potencia

Para efectos de la evaluación de la calidad, en cuanto al factor de potencia, si en el 5% o más del período evaluado el valor del factor de potencia es inferior a los límites, el Consumidor está incumpliendo con el índice de calidad.

### 1.2.7.3.2 Problemas por bajo factor de potencia

- Mayor consumo de corriente.
- Aumento de las pérdidas e incremento de las caídas de tensión en los conductores.
- Sobrecarga de transformadores, generadores y líneas de distribución.
- Incremento de la facturación eléctrica por mayor consumo de corriente y penalización por fajo factor de potencia.

### 1.2.7.3.3 Beneficios por corregir el factor de potencia

- Disminución de las pérdidas en conductores.
- Reducción de las caídas de tensión.
- Aumento de la disponibilidad de potencia de transformadores, líneas y generadores.
- Incremento de la vida útil de las instalaciones.
- Reducción de los costos por facturación eléctrica.

### 1.2.7.3.4 Factor de potencia en carga no lineal

Cuando no exista una relación matemática lineal entre corriente y la tensión aplicada a un circuito, es decir si se alimenta al circuito con una tensión sinusoidal y por el mismo circula corrientes no sinusoidales, la siguiente expresión matemática del factor de potencia se observa en la ecuación siguiente:

$$f.p. = \frac{\sum_{i=1}^n V_i I_i \cos \theta_i}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (V_i^2)} \sqrt{\sum_{i=1}^n (I_i^2)}} \quad \text{Ecuación 33 (1.2.7.3.4)}$$



Donde:

$V_i$  = Es el voltaje RMS de la armónica  $i$  en [V].

$I_i$  = Es la corriente RMS de la armónica  $i$  en [A].

$\theta_i$  = Es el desfaseamiento entre la armónica  $i$  de voltaje y la armónica  $i$  de corriente.

Si solamente existen armónicas de corrientes y el voltaje solo tiene la componente de frecuencia fundamental la expresión se simplifica a la siguiente:

$$f.p. = \frac{I_1}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (I_i^2)}} \cos \theta \quad \text{Ecuación 34 (1.2.7.3.4)}$$

Donde:

$I_1$  = Es la corriente fundamental en [A].

$I_i$  = Es la corriente RMS de la armónica  $i$  en [A].

$\theta$  = Es el desfaseamiento entre el voltaje y la corriente.

#### 1.2.7.4 Instrumentos de medición utilizados para recolectar información

Con el avance de la tecnología, hoy en día existen instrumentos de medición sofisticados con aplicaciones específicas, como es para el campo de la electricidad se tiene varios equipos que ayuda a la medición de los parámetros necesarios, a continuación, se describe lo necesario.

**Amperímetro:** Es un instrumento que mide intensidades de corrientes que atraviesa a un conductor, también existen para la medición de la intensidad de corriente las pinzas amperimétricas, es recomendable usar los que posea la característica de verdadero valor eficaz (true rms value).

**Multímetro:** Es un instrumento eléctrico portátil para medir directamente magnitudes eléctricas activas como corrientes y voltaje, o pasivas como resistencias.

**Analizador de redes:** Son equipos diseñados para ser instalados de forma muy sencilla en cualquier instalación y para que su uso sea totalmente adaptable a cualquier tipo de medida requerida. Disponen de una memoria interna donde se guardan todos los parámetros deseados, totalmente programables. Pueden contener varios softwares, cuyas aplicaciones vayan destinadas a distintos tipos de análisis. Se exportan o muestran los parámetros eléctricos directa o indirectamente a través de display.

#### 1.2.7.5 Mediciones del sistema eléctrico del hospital IEES.

La medición se realizó con el analizador tipo Fluke 1735 de la fig.5, posee un software Fluke Power Log para visualizar las mediciones desde una Pc, en el intervalo de medición de 10 minutos permite registrar 30 días, en 5 minutos permite registrar 15 días, el cual permite registra los siguientes valores de cada fase:

- Tensiones (V) y Corrientes (I).
- THD V y THD I.
- Frecuencia.
- Potencia activa (P), aparente (S), reactiva (Q).
- Factor de potencia (PF).
- Potencia de distorsión (D).
- Valores acumulados (kWh, kVAh, kVARh).

FIGURA 5 FLUKE 1735

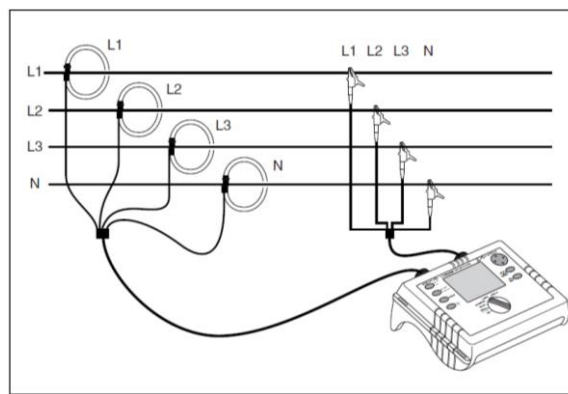


FUENTE : Hospital IEES

### 1.2.7.6 Esquema de conexión del analizador Fluke 1735

La configuración del transformador principal es delta en el lado de alto voltaje y en estrella en el lado de bajo voltaje, por tal motivo el equipo se configuró en estrella trifásico con neutro aterrizado para las mediciones como lo indica la fig. 6, identificando el sentido de la corriente hacia la carga para la colocación de las sondas de corriente.

FIGURA 6 ESQUEMA DE CONEXIÓN DEL ANALIZADOR FLUKE 1735



FUENTE : Hospital IEES

### 1.2.7.7 Mediciones realizadas

#### Intervalos de medición

Las mediciones se las efectuaron por 7 días continuos como lo exige la REGULACIÓN No. CONELEC 004/01 en la cámara de transformación y cuartos de tableros, para los subtableros del hospital se midió por un tiempo de 10 minutos continuos y 1 día en equipos específicos.

### 1.2.7.8 Software de simulación

El crecimiento y la innovación de la tecnología en los hospitales ha provocado el incremento de la demanda y por ende hace que el análisis se vuelva sumamente complejo. Por lo cual se busca realizar varios diseños y estudios detallando los efectos sobre el sistema de cada alternativa con varias suposiciones: condiciones

normales y anormales de operación, cargas puntuales, años presentes y futuros de operación.

Para solucionar problemas se han creado software como se indica en la fig. 7, el cual permite simular el comportamiento del sistema eléctrico del hospital, logrando corregir posibles fallas que presente en el sistema.

### **Descripción del software ETAP 12.6.0**

FIGURA 7 SOFTWARE DE SIMULACION



FUENTE : Hospital IEES

Según (ETAP Powering Success, 2015 pág. 1), ETAP es una herramienta de análisis de sistemas eléctricos de potencia que integra CA y CC. Utilizan ETAP en miles de empresas y centrales eléctricas en todo el mundo para el diseño, análisis, mantenimiento y operación de los sistemas eléctricos de potencia.

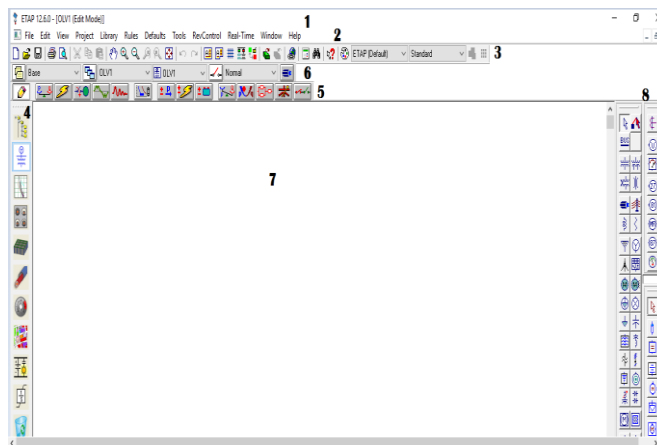
ETAP es un software de alto impacto en el rubro industrial y tiene una característica muy especial que lo distingue del resto, porque es el único que cuenta con certificación nuclear, lo cual implica que, frente a un estudio teórico, las mediciones de sus resultados son muy cercanos a la realidad, el cual permite realizar las siguientes simulaciones:

- Flujo de carga (estudio de demandas).
- Cortocircuito.
- Coordinación de protecciones.

- Armónicos.
- Estabilidad transitoria.
- Dimensionamiento de cables y transformadores.
- Malla puesta a tierra.

El software utilizado es el ETAP 12.6.0 el cual posee la universidad con la licencia original como se observa en la fig. 8, el programa permite el diseño y simulación del sistema eléctrico completo del hospital del IEES de Ambato ingresando los valores necesarios, se observa el comportamiento actual que permite verificar las condiciones de operación y anomalías en el sistema, para proponer soluciones que optimizarán el funcionamiento adecuado.

FIGURA 8 CARACTERÍSTICAS DE LA VENTANA DE INTERFAZ CON EL USUARIO



FUENTE : ETAP

- Barra de título.
- Barra de opciones de menú.
- Barra de herramientas.
- Barra de herramientas del sistema.
- Barra de herramientas de modo de uso.
- Barra de presentación.
- Área de trabajo.
- barra de símbolos.

## **CAPITULO II**

### **2 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

#### **2.1 ASPECTOS GENERALES DEL HOSPITAL DEL INSTITUTO ECUATORIANO DE SEGURIDAD SOCIAL (IESS) DE AMBATO**

El hospital IESS de Ambato labora en el sector de atocha desde 1996, iniciando con la utilización de la planta baja con el servicio de consulta externa, y en 1999 se amplía el tercer piso con el servicio de Hospitalización, funcionando en la cámara de transformación con dos transformadores de 800kVA para las necesidades del hospital y uno de 200kVA de rayos X, cubriendo la demanda total con un solo transformador de 800kVA en toda la edificación.

En el año 2005 se incorpora el cuarto piso destinadas para especialidades quirúrgicas y en el año 2006 se crea la Unidad de Cuidados intensivos para satisfacer las necesidades de los usuarios, para lo cual se necesitó ver la demanda eléctrica del hospital, la misma que se realizó con la ayuda de los reportes eléctricos facilitados por la Empresa Eléctrica Ambato EEASA obteniendo como resultados un consumo máximo de 120kVA, el cual obliga a modificar el cableado del sistema eléctrico para usar el transformador de 200kVA reduciendo las pérdidas de energía en el sistema.

A partir del 2011 se logra la ampliación y equipamiento de todo del edificio con nuevos servicios disponibles para los pacientes, motivo por el cual se realizó un nuevo análisis con los reportes eléctricos facilitados por la Empresa Eléctrica

Ambato EEASA obteniendo en los resultados un aumento de la demanda, en el 2012 se decide nuevamente cambiar el transformador de servicios generales de todo el hospital, manteniendo los mismos conductores del servicio eléctrico, actualmente se encuentra funcionando con las modificaciones realizados en la cámara de transformación.

El equipamiento de las áreas del hospital mejoró el servicio a los pacientes, de la misma manera el avance de la tecnología en equipos médicos ha provocado inconvenientes en ciertas áreas como de neonatología y unidad de cuidados intensivos provocando problemas con las averías de las fuentes de energía usadas para el control y calibración de los equipos médicos y en quirófanos presentan problemas similares con las fuentes de energía ubicadas en los equipos como en las lámparas cirúrgicas, esto ha provocado inconvenientes con las labores del personal médico.

## **2.2 FILOSOFÍA INSTITUCIONAL**

### **Misión**

“El Hospital IESS Ambato es una entidad de atención Médica moderno organizado e innovador que se fundamenta en los principios de solidaridad, universalidad, equidad, eficiencia, ética que se encarga de prevención, promoción y recuperación de la salud de los usuarios cuenta con un equipo multidisciplinario con gran capacidad y experiencia.”

### **Visión**

“El Hospital del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social Ambato se encuentra en una etapa de transformación, el plan estratégico que se está aplicando, sustentado en la Ley de Seguridad Social vigente y en la normativa del sistema nacional de salud la convertirá en un Hospital de referencia de segundo nivel complejidad 4 moderna, técnica, con personal capacitado que atenderá con eficiencia, oportunidad y amabilidad.”

## **2.3 ANÁLISIS DE LA INFRAESTRUCTURA**

El hospital IESS está ubicado en la parroquia de Atocha en la Av. Rodrigo Pachano 10-76 y Edmundo Martínez que ejerce las actividades de servicios médicos con el representante legal el Dr. Edison Rodríguez, la edificación cuenta con un área de construcción de 39.059 metros cuadrados, 670 personas trabajan como empleados del hospital, 600 personas en áreas operativas, 70 personas en el área de administración, 42 personas en el área de servicios de limpieza, 32 personas en el servicios de guardianía y 74 personas en servicios complementarios.

El hospital por poseer una gran infraestructura con 181 personas/día hospitalizadas, 463 personas/día atendidas en consulta, 680 personas/día en visitas a afiliados, en el área de emergencia atiende a 258 personas/día, labora con 300 camas instaladas, actualmente se encuentran funcionando 214 camas censables y 68 no censables. Estos datos fueron facilitados por el Lic. Manuel Sánchez responsable de estadística del hospital IESS.

Cuenta en la actualidad con la atención en emergencia, laboratorio, quirófanos, partos, unidad de cuidados intensivos (UCI), hospitalización, centro quirúrgico, neonatología, gastroenterología, oftalmología, medicina interna, hemodiálisis, rayos X, esterilización, también las secciones de administración, casa de máquinas, lavandería, cocina.

## **2.4 METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DEL ESTUDIO**

### **2.4.1 Métodos de Investigación**

#### **2.4.1.1 Método Inductivo - Deductivo.**

El método inductivo - deductivo permitirá un análisis individual de cada una de las partes que conforma el sistema eléctrico, iniciando con la recolección de los que brindará las conclusiones y recomendaciones del problema investigado.



#### **2.4.1.2 Método Analítico y Sintético.**

Con la ayuda de este método se realizó un análisis y síntesis de las mediciones realizadas con el analizador de red Flucke 1735 en el transformador general, tableros principales y subtableros obteniendo los parámetros eléctricos con los que actualmente se encuentra operando, esto permitirá obtener los valores correspondientes para ingresar en el software de simulación ETAP 12.6.0.

La presente simulación del sistema eléctrico generará resultados, dando a conocer las partes críticas las mismas que facilitará las acciones correctivas a ser aplicadas en el sistema eléctrico del hospital IEES de Ambato.

### **2.4.2 Tipos de Investigación**

#### **2.4.2.1 Investigación Bibliográfica**

La presente investigación se la realiza mediante una búsqueda bibliográfica, en libros, folletos, páginas web, etc. Mediante las cuales se obtuvo un conocimiento más amplio en lo que se refiere a la calidad de energía, con los problemas que puede presentar en la red eléctrica y la posible solución, para esta investigación se utilizó la regulación CONELEC-ARCONEL 004/01, con referencia a la calidad de servicio, enfocándonos principalmente en la calidad de producto.

#### **2.4.2.2 Investigación Exploratoria**

Con este método se ha logrado conocer de mejor manera las partes del sistema eléctrico del hospital IEES verificando de manera exploratoria si todas se encuentran operando de manera adecuada.

#### **2.4.2.3 Investigación Descriptiva**

Se utilizó esta técnica para detallar las alteraciones que se produce en el sistema eléctrico, mediante la recolección y evaluación de datos sobre las variables del fenómeno a investigar para plantear alternativas que permitan mejorar.

#### **2.4.2.4 Investigación de Campo**

Mediante esta investigación se tiene un contacto de manera directa con el sistema eléctrico del hospital verificando directamente el comportamiento de los fenómenos que afectan al sistema obteniendo así un amplio conocimiento de la situación actual del sistema.

### **2.4.3 Técnicas de Investigación**

#### **2.4.3.1 Observación directa**

Se utilizó este método para tener contacto directo con el transformador general, tableros principales y subtableros a estudiar, y conocer el espacio físico que ocupan en el hospital, para identificar los lugares estratégicos en la ejecución de la investigación.

#### **2.4.3.2 Entrevista**

Se aplicó la entrevista al personal encargado de mantenimiento del hospital, logrado obtener información necesaria de las áreas afectadas y fallas que presenta en el sistema de todo el hospital.

#### **2.4.3.3 Cuestionario**

Se formuló las siguientes preguntas que permitirá la recolección de datos para el levantamiento de carga en la entrevista a realizar.

### **2.4.4 Instrumentos de Investigación**

#### **2.4.4.1 Fichas de observación**

Este instrumento ayuda al registro de información encontrada en el sistema eléctrico, datos como: tipos de protecciones, conductores y potencias medidas con

el analizador de redes Fluke 1735, estos datos son necesarios para analizar y simular todo el sistema eléctrico del hospital en el software ETAP 12.6.0.

#### **2.4.4.2 Cuestionario de entrevista**

Se elaboró un cuestionario de entrevista para el ingeniero encargado del mantenimiento del hospital, el cual conoce los problemas que presenta el sistema eléctrico, esto ayudará a limitar el área de estudio, las preguntas se detallan a continuación y la entrevista se encuentra en el anexo 1 adjunta en el CD.

1. ¿Qué problemas se han presentado en los equipos eléctricos y que inconvenientes graves han causado dentro del hospital IEES?
2. ¿Cuáles son las áreas críticas que han presentado mayor inconveniente en los equipos del hospital IEES de Ambato?
3. ¿En el tiempo de funcionamiento del hospital, se ha realizado alguna modificación en el sistema eléctrico con el que se encuentra operando?
4. ¿Se ha realizado mantenimientos preventivos en el sistema eléctrico del hospital para evitar posibles cortes de energía?
5. ¿Qué planes o proyectos se tiene proyectados para la mejora del sistema eléctrico?

## 2.5 OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

### 2.5.1 Variable Independiente

Análisis de la demanda eléctrica.

| CONCEPTUALIZACIÓN   | DIMENSIONES   | INDICADORES   | ÍTEMES                           | TÉCNICAS E INSTRUMENTOS                  |
|---|---|---|----------------------------------|--|
| Es la potencia que consume la carga, medida por lo general en intervalos de tiempo (por lo común es de 15 minutos), expresada en kW o kVA a un Factor de potencia determinado | Dimensionamiento de la capacidad del transformador eléctrico<br><br>Demanda de energía eléctrica del hospital | Curva de demanda [D]<br><br>Demanda mínima y máxima | Potencia [W]<br><br>Potencia [W] | Observación<br><br>Analizador Fluke 1735 |

### 2.5.2 Variable Dependiente

Evaluar los índices de calidad de energía del sistema eléctrico del Hospital Del Instituto Ecuatoriano De Seguridad Social (IESS).

| CONCEPTUALIZACIÓN  | DIMENSIONES  | INDICADORES   | ÍTEMS   | TÉCNICAS E INSTRUMENTOS                                    |
|--|--|---|---|--|
| La calidad de energía es la variación permitida de los parámetros del sistema eléctrico para evaluar el comportamiento de equipos y dispositivos instalados en el sistema. | Sistema eléctrico general del hospital IESS<br><br>Alteración del comportamiento normal por incorporación de carga | Variaciones de voltaje [ $\Delta V$ ].<br><br>Total de distorsión armónica de voltaje [THDv]<br><br>Factor de potencia [fp] | Voltaje [V]<br><br>Porcentaje [%]<br><br>Adimensional | Entrevista<br><br>Observación<br><br>Analizador Fluke 1735 |

## **2.6 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

### **2.6.1 Análisis de la entrevista realizada al Ing. Jorge López a cargo del departamento de mantenimiento.**

El Hospital Del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social IESS de Ambato brinda los servicios de asistencia médica desde 1991, desde el año 2008 que ingreso el Ing. Jorge López a cargo del área de mantenimiento se realizó el cambio de la carga total del hospital al transformador de 200kVA.

A partir del año 2011 se puede apreciar el crecimiento del hospital tanto en equipos y servicios ofrecidos, conectando nuevamente la carga de todo el hospital al transformador de 800kVA creando nuevas modificaciones en la cámara de transformación y conectando el generador a todo el sistema eléctrico del hospital.

En ciertas áreas se han presentado inconvenientes como cortocircuitos por falta de aislamiento en los conductores, un corte de energía se presentó en el área de quirófanos con aproximadamente 30 minutos duración de la falla, afortunadamente no se encontraban realizaba ninguna cirugía en ese instante, también se han presentado daños en las fuentes de lámpara celiáticas de quirófanos, calentamiento de los conductores y tornillos flojos de los tableros.

Las áreas críticas que se han presentado son cuidados intensivos, quirófanos, emergencia que actualmente se encuentra remodelado por los problemas graves que presentaba.

El crecimiento del hospital adaptó la creación de nuevas áreas según las necesidades de la población.

El mantenimiento que se realiza anualmente consiste en ajuste de tornillos, chequeos de la transferencia y los equipos que se encuentran en la cámara de transformación, por lo general lo realizan cada año por la complejidad que no se

puede dejar sin energía a las áreas críticas, actualmente consta con 1 generador que abastece toda la carga del hospital.

Las proyecciones que se tiene es la contratación de personal técnico especializado en el campo de la electricidad para el monitoreo y control del sistema eléctrico, también la adquisición de otro generador específico para las áreas críticas.

## **2.6.2 SITUACIÓN ACTUAL DEL SISTEMA ELÉCTRICO**

El servicio de energía eléctrica lo suministra la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte mediante el alimentador Ficoa Pertenece a la “Subestación Atocha” ubicada en Atocha.

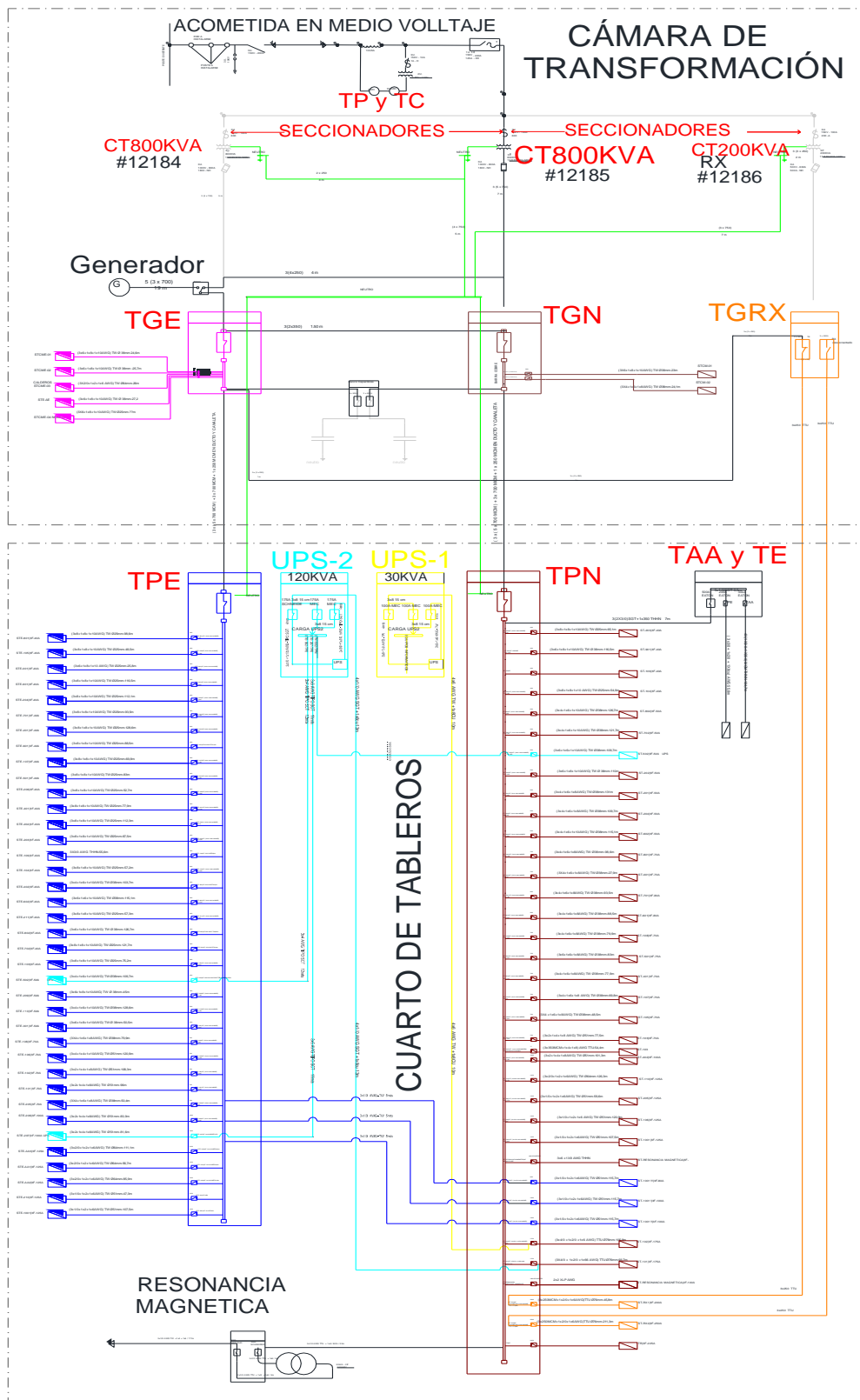
### **2.6.2.1 Diagrama eléctrico unifilar del Hospital del Instituto Ecuatoriano de Seguridad IESS de Ambato.**

El hospital por ser antigua su edificación no posee planos eléctricos digitales actualizados, actualmente cuenta solo con los planos de la construcción inicial.

Para el estudio se procedió a digitalizar y actualizar la información del sistema que se visualiza en la fig. 9, permite conocer cómo se encuentra estructurado la edificación facilitando la evaluación del sistema actual.

La figura se encuentra en el anexo 2 adjunto en el CD para una mejor resolución.

FIGURA 9 DIAGRAMA ELÉCTRICO UNIFILAR DEL IEES.



FUENTE : HOSPITAL IEES



### **2.6.2.2 Distribución en medio voltaje.**

La empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte suministra con una acometida principal trifásica a un nivel voltaje de 13,8 kV entre línea a línea que pasa por la vía Edmundo Martínez, ingresando por el garaje del hospital con una acometida subterránea hacia la cámara de transformación.

La acometida principal del hospital se conecta a la línea de distribución de medio voltaje del poste N.-16675 ubicado en la calle Edmundo Martines, en este poste se encuentran los seccionamientos y protecciones de la distribuidora, la acometida se desplaza aproximadamente 60 metros con cable subterráneo por las aceras del garaje hasta llegar a la cámara de transformación ubicada en la casa de máquinas.

La acometida trifásica llega a la cámara de transformación por el piso y pasa por los transformadores de potencial ubicados en 2 fases para llegar a los seccionamientos que conectan a los transformadores como se aprecia en la fig. 9 los TP y TC con letras rojas, la fotografía se encuentra el anexo 3.

La acometida llega al interruptor principal que se acciona mediante una palanca para alimentar a los 3 transformadores con cables sujetos en la pared y llegan por el techo con instalación industrial para el transformador de 200kVA y los 2 de 800kVA con conexión delta estrella conectados internamente en cada uno de los transformadores, la relación de voltaje 13,8kV/220V.

Cada transformador posee su respectivo seccionamiento como se aprecia en la fig. 9 los seccionadores con letras rojas, la fotografía se encuentra el anexo 3.

### **2.6.2.3 Distribución en los tableros generales de bajo voltaje.**

En la cámara de transformación se encuentran ubicados dos transformadores trifásicos de 800kVA, uno de 200kVA con numeración 12184, 12185 y 12186 de marca ECUATRAN que alimentan a tres sistemas de distribución de bajo voltaje a 220 V entre línea a línea, denominados tablero general normal, tablero general

emergencia y tablero de rayos X, junto se encuentran el tablero de transferencia automática y dos tableros de banco de capacitores, el tablero del generador se encuentra en otro cuarto cercano a la cámara de transformación junto con el generador de marca CATERPILLAR.

El transformador de 800kVA número 12184 alimenta al tablero general de emergencia (TGE) que a su vez es alimentado con el tablero de transferencia automática en el que se encuentra conectado el generador CATERPILLAR, este tablero corresponde a las cargas de los tableros de emergencia de la casa de máquinas y casa de vigilancia, también alimenta al tablero principal de emergencia (TPE). El transformador de 800kVA número 12185 alimenta al tablero general de normal (TGN) que corresponde a las cargas de los tableros normales de la casa de máquinas, también alimenta al tablero principal normal (TPN). El transformador de 200kVA número 12186 alimenta al tablero de rayos X, los tableros principales de emergencia (TPE) y normal (TPN) se encuentran en el cuarto de tableros ubicados en el subsuelo del hospital.

Actualmente los tableros y transformadores de la cámara de transformación operan con modificaciones realizadas, toda la carga del hospital está alimentada por el transformador de 800kVA número 12185, y los transformadores de 8000kVA y 200kVA está actualmente desconectados en los seccionadores de medio voltaje como se representan en la fig. 9 los CT (centro de transformación) con letras rojas, la fotografía se encuentra en el anexo 4.

#### **2.6.2.4 Características de los transformadores ubicados en la cámara de transformación.**

La cámara de transformación está compuesta por tres transformadores, Los dos transformadores de 800kVA números 12184 y 12185 fabricados por ECUATRAN son similares, pero solo se encuentra operando el transformador número 12185 con voltaje de 13,2kV/220V y grupo conexión dy5 y el transformador de 200kVA de rayos X número 12186 actualmente está desconectado, también en el cuarto de tableros se encuentra ubicado el transformador de 90 kVA el cual es utilizado para

resonancia magnética Fabricado por ECUATRAN, con la relación de voltaje 220/440V.

#### **2.6.2.5 Distribución en los tableros principales de bajo voltaje.**

El cuarto de tableros principales está ubicado en el subsuelo nivel 99 del hospital, se encuentra el tablero principal normal (TPN), tablero principal de emergencia (TPE), tablero de aire acondicionado y emergencia (TAA-E), tablero de UPS 1 de 30kVA, tablero de UPS 2 de 120kVA y el transformador 90kVA de resonancia magnética marca ECUATRAN.

El tablero general normal (TGN) de la cámara de transformación conectada en cascada alimenta al tablero principal normal (TPN) que corresponde a los subtableros normales de toda la edificación del hospital, de la misma manera el tablero general de emergencia (TGE) conectado en cascada alimenta al tablero principal de emergencia (TPE) que corresponde a los subtableros de emergencia de toda la edificación del hospital, junto a estos tableros se encuentra el nuevo tablero de aire acondicionado y emergencia correspondiente a el nuevo sistema de aire acondicionado (TAA) implementado en la terraza de la planta baja y para las instalaciones modificadas de emergencia que se han realizado, los tableros eléctricos TGN, TGE, TPN, TPE TAA y TE con letras rojas, la fotografía se encuentra en el anexo 4.

Los UPS se encuentran en el cuarto de tableros principales y alimentan a las cargas críticas, que es indispensable para el hospital, el UPS1 marca DIGITAL ENERGY de 30kVA alimenta la carga de sistemas informáticos y el UPS2 marca DELTA ELECTRONICS de 120kVA alimenta las carga de los subtableros STN-502, STE-502 y STE-207.

#### **2.6.2.6 Generador de emergencia del hospital**

El Hospital IESS cuenta con un sistema de generación de emergencia marca CATERPILLAR modelo ENGINE MODEL 3412, con potencia de 810HP, 604kW

y 1800 rpm trifásico con salida de voltaje 220V entre fase a fase, conectado al tablero de la transferencia automática en paralelo con el transformador de 800kVA número 12184. El generador se visualiza con letras rojas de la fig. 9 y la fotografía se encuentra el anexo 5.

### 2.6.2.7 Tablero general normal (TGN) y tablero principal normal (TPN)

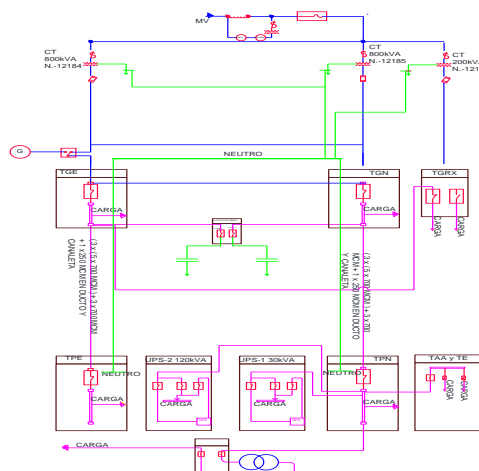
El tablero general normal (TGN) alimenta a 2 subtableros de la casa de máquinas y al tablero principal normal (TPN) que corresponde a 37 subtableros, se aprecia en la fig. 9.

### 2.6.2.8 Tablero general de emergencia (TGE) y tablero principal de emergencia (TPE)

El tablero general de emergencia (TGE) alimenta a 5 subtableros directamente de la casa de máquinas 2 subtableros que se conectan en cascada, también alimenta al tablero principal de emergencia (TPE) que corresponde a 38 Subtableros, como se aprecia en la fig. 9

## 2.6.3 Evaluación de la situación actual del sistema eléctrico del hospital IESS.

FIGURA 10 ESQUEMA ELÉCTRICO SIMPLIFICADO DEL HOSPITAL.



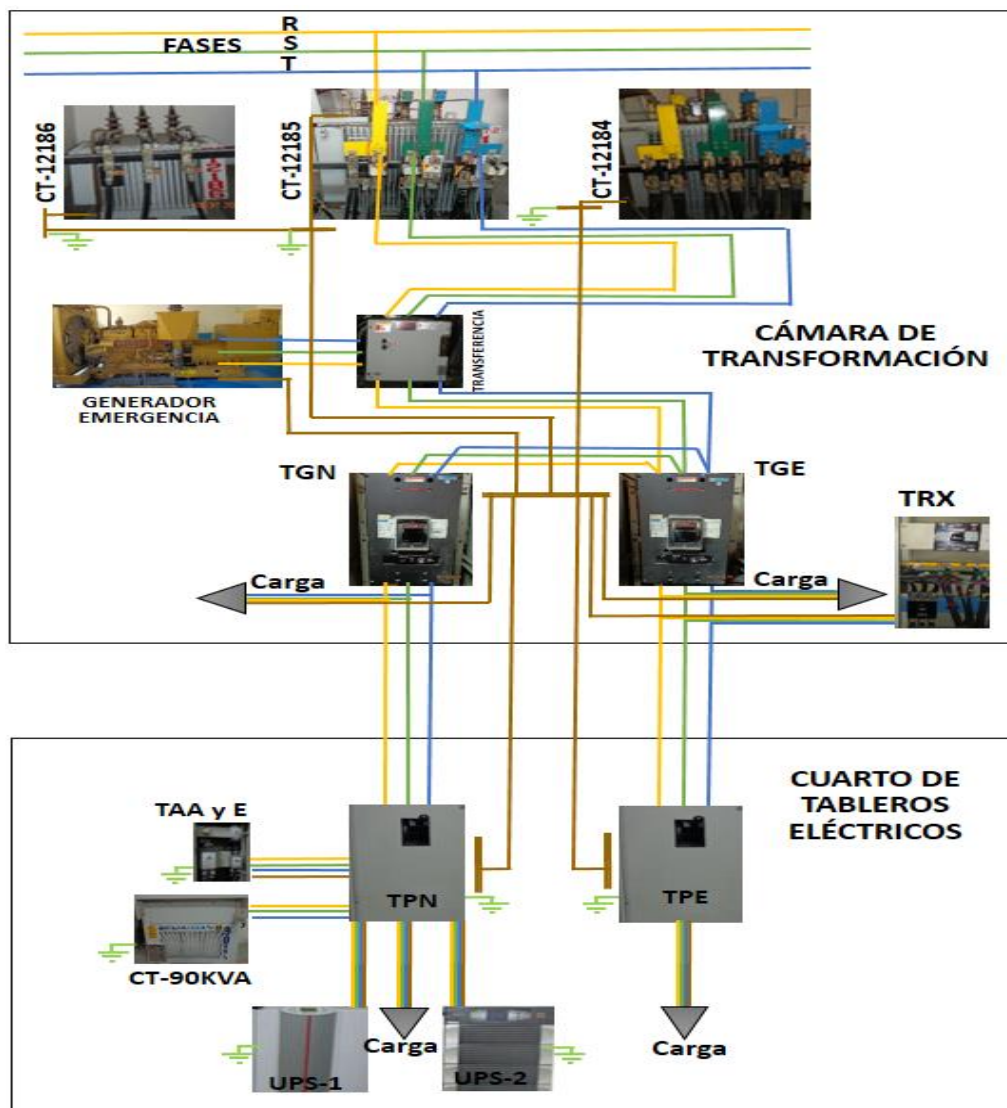
FUENTE : Hospital IESS

### 2.6.3.1 Diagrama esquemático de conexión para las mediciones.

La fig. 11 muestra el diagrama esquemático que se usó para la medición en diferentes puntos del sistema eléctrico, identificando la cámara de transformación con los tableros generales, los tableros eléctricos principales.

La medición realizada del transformador general, tableros y subtableros se encuentra en el anexo 6 con sus respectivas fotografías.

FIGURA 11 DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DEL HOSPITAL IEES



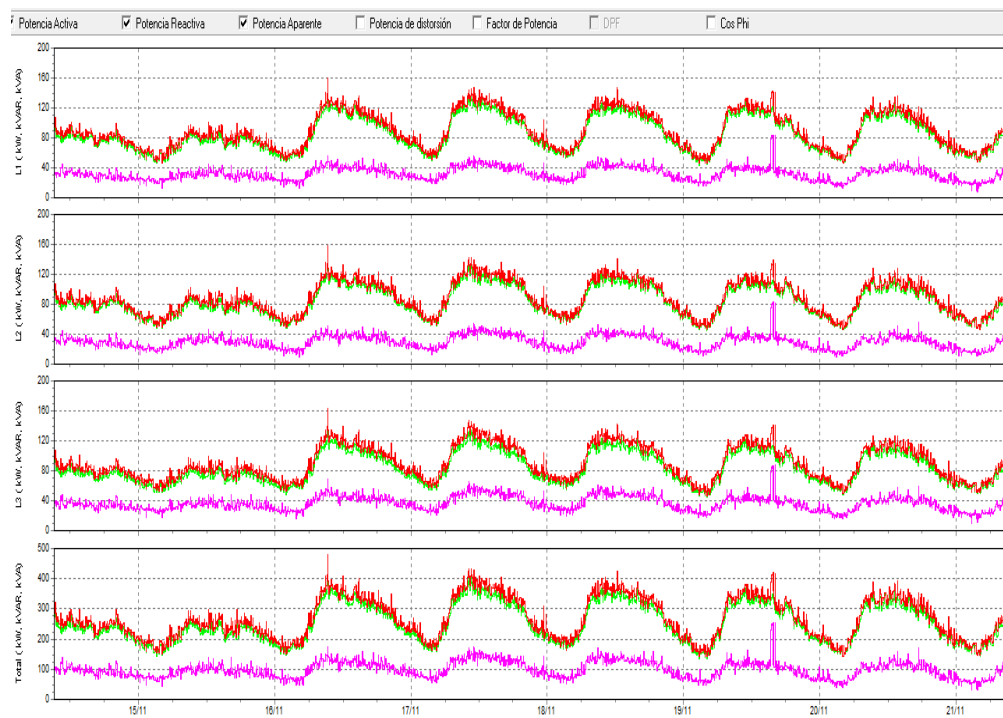
FUENTE : Hospital IEES

### 2.6.3.2 CURVA DE CARGA DEL HOSPITAL IEES.

#### 2.6.3.2.1 Transformador general de 800 kVA número 12185

La fig.12 representa las mediciones de los 7 días continuos del transformador de 800kVA número 12185, que suministra la energía a todo el sistema eléctrico del hospital, la curva de color verde es la potencia activa, la rosada es potencia reactiva y la roja es potencia aparente, representada por cada fase L1, L2 L3 y el total de las tres líneas, siendo la fig. 12 un modelo de los datos registrados por el analizador Fluke 1735.

FIGURA 12 CURVAS DE POTENCIAS MEDIDAS DEL TRANSFORMADOR DE 800KVA



FUENTE : Hospital IEES

De los datos recopilados del analizador medidos en intervalos de 10 minutos, se procedió a la tabulación de datos para conocer el comportamiento de la carga en cada fase y el total del transformador general, los valores que se aprecia en la tabla 3 con las potencias activa, aparente, reactiva de cada fase y la total, es un modelo que se usara para el análisis de los tableros.

**TABLA 3 POTENCIAS DEL TRANSFORMADOR GENERAL POR LÍNEA  
Y TOTAL.**

| HORA  | L1        |            |             | L2        |            |             | L3        |            |             | TOTAL     |            |             |
|-------|-----------|------------|-------------|-----------|------------|-------------|-----------|------------|-------------|-----------|------------|-------------|
|       | P<br>(KW) | S<br>(KVA) | Q<br>(KVAR) | P<br>(KW) | S<br>(KVA) | Q<br>(KVAR) | P<br>(KW) | S<br>(KVA) | Q<br>(KVAR) | P<br>(KW) | S<br>(KVA) | Q<br>(KVAR) |
| 0:00  | 65,0      | 66,3       | 27,2        | 64,5      | 67,6       | 24,3        | 192,4     | 69,4       | 29,2        | 321,9     | 203,3      | 80,8        |
| 1:00  | 61,6      | 68,1       | 23,2        | 61,7      | 67,9       | 19,8        | 184,2     | 69,4       | 27,1        | 307,5     | 205,5      | 70,1        |
| 2:00  | 56,1      | 57,0       | 22,6        | 57,3      | 57,6       | 18,9        | 166,7     | 60,5       | 23,1        | 280,1     | 175,1      | 64,6        |
| 3:00  | 54,7      | 53,5       | 21,5        | 56,6      | 55,5       | 19,4        | 158,5     | 60,4       | 29,0        | 269,8     | 169,4      | 69,9        |
| 4:00  | 60,2      | 62,9       | 22,4        | 62,6      | 62,5       | 18,7        | 177,4     | 63,9       | 22,5        | 300,2     | 189,2      | 63,7        |
| 5:00  | 63,4      | 67,4       | 26,7        | 63,4      | 65,5       | 22,4        | 202,0     | 68,4       | 30,6        | 328,8     | 201,3      | 79,8        |
| 6:00  | 70,9      | 80,1       | 27,1        | 69,3      | 74,6       | 21,5        | 225,2     | 80,6       | 33,7        | 365,3     | 235,3      | 82,2        |
| 7:00  | 100,7     | 119,0      | 41,9        | 110,5     | 104,8      | 35,0        | 307,8     | 118,8      | 35,1        | 519,0     | 342,6      | 111,9       |
| 8:00  | 109,3     | 120,7      | 41,7        | 109,3     | 114,6      | 40,2        | 330,7     | 117,5      | 52,1        | 549,3     | 352,8      | 134,0       |
| 9:00  | 121,7     | 129,8      | 44,8        | 110,5     | 125,7      | 38,1        | 364,6     | 117,9      | 44,2        | 596,8     | 373,3      | 127,1       |
| 10:00 | 125,1     | 134,4      | 42,1        | 124,4     | 131,0      | 41,0        | 377,1     | 133,6      | 40,0        | 626,6     | 399,0      | 123,0       |
| 11:00 | 118,7     | 123,5      | 32,9        | 118,8     | 117,9      | 38,4        | 363,9     | 131,3      | 35,9        | 601,3     | 372,7      | 107,3       |
| 12:00 | 112,4     | 124,0      | 39,3        | 112,4     | 117,4      | 38,6        | 344,0     | 131,0      | 48,9        | 568,7     | 372,4      | 126,8       |
| 13:00 | 115,1     | 128,4      | 40,5        | 108,9     | 112,2      | 40,7        | 326,7     | 125,0      | 49,6        | 550,7     | 365,6      | 130,7       |
| 14:00 | 111,4     | 123,9      | 41,8        | 112,6     | 110,4      | 43,3        | 339,0     | 122,0      | 42,1        | 562,9     | 356,3      | 127,3       |
| 15:00 | 109,5     | 117,1      | 44,8        | 117,6     | 115,0      | 35,6        | 331,3     | 116,2      | 47,3        | 558,5     | 348,3      | 127,7       |
| 16:00 | 101,6     | 117,0      | 42,2        | 106,5     | 112,6      | 40,5        | 325,3     | 116,8      | 46,1        | 533,4     | 346,4      | 128,9       |
| 17:00 | 108,4     | 112,6      | 41,2        | 102,5     | 116,1      | 35,0        | 315,9     | 114,2      | 44,8        | 526,8     | 343,0      | 120,9       |
| 18:00 | 107,2     | 104,8      | 34,3        | 105,8     | 115,4      | 33,5        | 311,5     | 111,7      | 43,8        | 524,5     | 332,0      | 111,6       |
| 19:00 | 83,5      | 88,9       | 37,7        | 100,4     | 103,5      | 29,6        | 297,4     | 87,3       | 41,1        | 481,3     | 279,7      | 108,3       |
| 20:00 | 87,4      | 90,1       | 30,8        | 79,1      | 85,4       | 27,0        | 270,8     | 85,4       | 40,7        | 437,3     | 260,9      | 98,5        |
| 21:00 | 84,7      | 84,3       | 28,3        | 82,4      | 84,1       | 26,4        | 246,2     | 89,0       | 35,7        | 413,3     | 257,5      | 90,4        |
| 22:00 | 68,7      | 75,7       | 25,7        | 68,7      | 71,7       | 26,1        | 211,9     | 73,8       | 29,6        | 349,2     | 221,2      | 81,4        |
| 23:00 | 68,8      | 70,2       | 25,1        | 70,4      | 71,8       | 19,4        | 215,5     | 76,4       | 30,9        | 354,7     | 218,4      | 75,4        |

**FUENTE : Hospital IEES**

El resumen de las horas de máxima demanda por fase se describe en la tabla 4, y se aprecia que las horas de máxima demanda por fase coinciden o están cercanas, por tal motivo no presenta un desbalance alto entre fases.

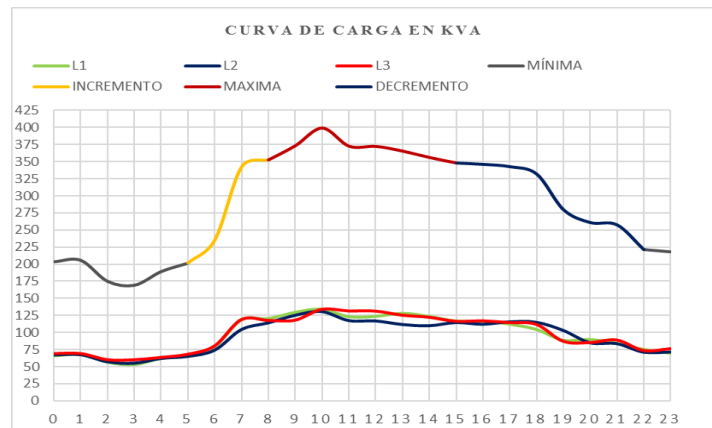
TABLA 4 RESUMEN DE POTENCIAS MÁX Y MIN DEL TRANSFORMADOR GENERAL

| HORA             | L1     |         |          | L2     |         |          | L3     |         |          | TOTAL  |         |          |
|------------------|--------|---------|----------|--------|---------|----------|--------|---------|----------|--------|---------|----------|
|                  | P (KW) | S (KVA) | Q (KVAR) | P (KW) | S (KVA) | Q (KVAR) | P (KW) | S (KVA) | Q (KVAR) | P (KW) | S (KVA) | Q (KVAR) |
| <b>Dem. Max.</b> | 128    | 134,4   | 44,84    | 125    | 131     | 43,33    | 124    | 133,6   | 52,09    | 377    | 399     | 133,99   |
| <b>Hora</b>      | 10:00  | 10:00   | 9:00     | 10:00  | 10:00   | 14:00    | 10:00  | 10:00   | 8:00     | 10:00  | 10:00   | 8:00     |
| <b>Dem. Min.</b> | 51,3   | 53,5    | 21,5     | 54,7   | 55,51   | 18,74    | 56,6   | 60,38   | 22,54    | 163    | 169,4   | 63,67    |
| <b>Hora</b>      | 3:00   | 3:00    | 3:00     | 3:00   | 3:00    | 4:00     | 3:00   | 3:00    | 4:00     | 3:00   | 3:00    | 4:00     |

FUENTE : Hospital IEES

La fig.13 muestra la curva de carga diaria por fase y total del transformador de 800kVA graficado con los valores de la tabla 3, se identifica las horas que la carga es mínima, el incremento de carga, las máximas horas carga y decremento, medido del 13 al 20 del mes de noviembre del 2015. El cual fue realizado mediante el histograma de frecuencias para el análisis de las potencias, se encuentra en el anexo 7 del transformador de 800KVA #12185, este es el modelo general tomado para realizar los diferentes tableros y subtableros.

FIGURA 13 CURVA DIARIA POR LÍNEA Y TOTAL DEL TRANSFORMADOR DE 800KVA #12185



FUENTE : Hospital IEES



La gráfica representa la variación de los kVA en las 24 horas del día resaltando con línea de color verde al comportamiento de la demanda de la fase 1 (L1), la línea de color azul la demanda de la fase 2 (L2), la línea de color rojo la demanda de la fase 3 (L3), la curva total se dividió en cuatro partes para identificar la mínima carga de color gris, el incremento de carga de color amarillo, la máxima carga el color rojo oscuro y el decremento de carga con color azul.

Con el comportamiento de la curva de carga se identifica las variaciones de la demanda en las horas del día, se observa una potencia máxima de 399 kVA y la mínima de 169.4kVA, además en la tabla 5 se muestra las horas de carga máxima del hospital.

**TABLA 5 DESCRIPCIÓN DEL TIEMPO DE VARIACIÓN DE LA CARGA DEL HOSPITAL IEES.**

| <b>RÉGIMEN DE CARGA</b>    | <b>HORA DE INICIO</b> | <b>HORA DE FINALIZACIÓN</b> | <b>DURACIÓN</b> |
|----------------------------|-----------------------|-----------------------------|-----------------|
| <b>Incremento de carga</b> | 5:00                  | 8:00                        | 3:00            |
| <b>Máxima carga</b>        | 8:00                  | 15:00                       | 7:00            |
| <b>Decremento de carga</b> | 15:00                 | 22:00                       | 7:00            |
| <b>Mínima carga</b>        | 22:00                 | 5:00                        | 7:00            |
| <b>TOTAL</b>               |                       |                             | 24 Horas        |

**FUENTE :** Hospital IEES

Se obtiene los siguientes datos importantes indicando que el incremento de carga tiene duración de tres horas que comprende de 5:00 hasta las 8:00, las horas de máxima carga tiene una duración de siete horas que comprende de 8:00 hasta 15:00, el decremento de carga tiene una duración de siete horas que comprende de 15:00 hasta 22:00, y la mínima carga tiene una duración de siete horas que comprende de 22:00 hasta 5:00.

El transformador general presenta la demanda máxima de 399 kVA a las 10 de la mañana y la capacidad nominal es de 800KVA, mediante la ecuación 2 (1.1.7) se determinó el factor de utilización:

$$Fu = \frac{399 \text{ kVA}}{800 \text{ kVA}}$$

$$Fu = 0,49\%$$

Donde:

**Fu:** Factor de utilización

El factor de utilización resultante es de 0,49 lo que significa que  $Fu \leq 0,5$  entonces el transformador se encuentra sub cargado.

### **2.6.3.3 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS DE LOS PARÁMETROS MEDIDOS HOSPITAL IESS**

A continuación, se resumen los resultados obtenidos en mediciones realizadas con el analizador de cálida Fluke 1735, se ha tomado en cuenta que la medición se realizó en intervalos de diez minutos como lo exige la REGULACIÓN N. CONNELEC 004/01.

#### **2.6.3.3.1 Resumen de los resultados obtenidos con las mediciones del transformador 800kVA.**

En la tabla 6 se describen los parámetros medidos de cada línea y total del transformador general, los valores son tabulados para obtener el máximo, promedio y mínimo de los diferentes parámetros de medición.

**TABLA 6 RESUMEN DE PARÁMETROS MEDIDOS DE VOLTAJE Y CORRIENTE POR FASE DEL TRANSFORMADOR 800 KVA.**

| HORAS               |       | FASE | VOLTAJE (V) |          |        | CORRIENTE (A) |          |        |
|---------------------|-------|------|-------------|----------|--------|---------------|----------|--------|
| Inicio              | Fin   |      | máximo      | promedio | mínimo | máximo        | promedio | mínimo |
| Incremento de carga |       | L1   | 124,98      | 124,39   | 123,81 | 984,36        | 843,84   | 703,32 |
|                     |       | L2   | 124,23      | 124,04   | 123,85 | 937,59        | 773,20   | 608,82 |
| 5:00                | 8:00  | L3   | 125,11      | 124,72   | 124,33 | 953,77        | 805,76   | 657,75 |
| Máxima carga        |       | L1   | 124,93      | 124,36   | 123,80 | 1104,86       | 1034,98  | 965,09 |
|                     |       | L2   | 124,61      | 123,96   | 123,32 | 1078,52       | 990,35   | 902,18 |
| 8:00                | 15:00 | L3   | 124,38      | 123,97   | 123,56 | 1102,86       | 1029,91  | 956,95 |
| Decremento de carga |       | L1   | 125,73      | 124,77   | 123,81 | 962,18        | 772,34   | 582,50 |
|                     |       | L2   | 125,21      | 124,64   | 124,08 | 940,50        | 773,59   | 606,68 |
| 15:00               | 22:00 | L3   | 125,25      | 124,60   | 123,95 | 962,09        | 781,41   | 600,73 |
| Mínima carga        |       | L1   | 125,92      | 125,43   | 124,94 | 582,00        | 518,90   | 455,80 |
|                     |       | L2   | 125,10      | 124,90   | 124,70 | 580,64        | 514,73   | 448,82 |
| 22:00               | 5:00  | L3   | 125,30      | 124,95   | 124,61 | 618,34        | 552,99   | 487,64 |

**FUENTE : Hospital IEES**

En el punto de medición del transformador de 800 kVA correspondiente a la tabla 10, la tensión mínima llega hasta 123,32V en la máxima carga de 8:00 a 15:00 que representa el 2,9% del voltaje nominal de 127 V y el incremento de voltaje máxima llega hasta 125,92V en el lapso de mínima carga de 22:00 a 5:00, este aumento de voltaje no sobrepasa el nominal.

De acuerdo con la normativa del CONELEC 004-01 establece el nivel de voltaje que debe estar dentro del rango del  $\pm 8,0\%$ , el transformador cumple con los parámetros establecidos.

El transformador presenta variaciones de corriente de la tabla 10, llega a 1104.86 A en el lapso de máxima carga de 8:00 a 15:00 y disminuye hasta 448.82 A en mínima carga de 22:00 a 5:00.

El desbalance de voltaje que se tiene entre fase es de 0.71% en el lapso de incremento de carga de 5:00 a 8:00 por lo cual está dentro del límite del 2%

El desbalance de corriente que se tiene en mínima carga es del 6.49% en el tiempo de 22:00 a 5:00

**TABLA 7 RESUMEN DE PARÁMETROS MEDIDOS DE (THDV) % Y THDI) % POR FASE DEL TRANSFORMADOR 800 KVA**

| HORAS               |       | FASE | ARMONICOS (THD <sub>v</sub> )% |          |        | ARMONICOS (THD <sub>i</sub> )% |          |        |
|---------------------|-------|------|--------------------------------|----------|--------|--------------------------------|----------|--------|
| Inicio              | Fin   |      | Máximo                         | Promedio | Mínimo | Máximo                         | Promedio | Mínimo |
| Incremento de carga |       | L1   | 0,85                           | 0,78     | 0,72   | 9,10                           | 8,80     | 8,50   |
|                     |       | L2   | 0,95                           | 0,85     | 0,75   | 9,50                           | 9,30     | 9,10   |
| 5:00                | 8:00  | L3   | 0,83                           | 0,83     | 0,82   | 7,73                           | 7,63     | 7,53   |
| Máxima carga        |       | L1   | 0,75                           | 0,69     | 0,63   | 8,33                           | 8,02     | 7,70   |
|                     |       | L2   | 1,10                           | 0,93     | 0,75   | 8,43                           | 7,98     | 7,53   |
| 8:00                | 15:00 | L3   | 0,97                           | 0,88     | 0,80   | 8,25                           | 7,78     | 7,30   |
| Decremento de carga |       | L1   | 0,80                           | 0,70     | 0,60   | 9,00                           | 8,48     | 7,97   |
|                     |       | L2   | 1,02                           | 0,81     | 0,60   | 7,85                           | 7,39     | 6,93   |
| 15:00               | 22:00 | L3   | 1,10                           | 1,00     | 0,90   | 7,93                           | 7,53     | 7,13   |
| Mínima carga        |       | L1   | 0,57                           | 0,48     | 0,40   | 9,57                           | 8,85     | 8,13   |
|                     |       | L2   | 0,83                           | 0,72     | 0,60   | 7,90                           | 6,81     | 5,72   |
| 22:00               | 5:00  | L3   | 0,97                           | 0,88     | 0,80   | 9,50                           | 8,02     | 6,53   |

FUENTE : Hospital IEES

En la tabla 7 Muestra el máximo armónico de voltaje THDV% de 1.10% en la máxima carga de 8:00 a 15:00 y un valor mínimo de 0.40% en mínima carga de 22:00 a 5:00 los valores están dentro del límite del THDV% de 8% en dichos tiempos.

El límite de los armónicos de corriente THDI% es del 8%, en la tabla 7 se muestra un incremento del THDI de 9.57% en mínima carga de 22:00 a 5:00 excediendo del límite establecido en la norma IEEE-519-2014 y un valor mínimo de 5.72% en mínima carga de 22:00 a 5:00 el cual no supera el límite del 8% en el intervalo de tiempo.

En el anexo 8 se compara los resultados del THDI y THDV con los valores del CONELEC.

**TABLA 8 RESUMEN DE PARÁMETROS MEDIDOS DE FLICKER Y FACTOR DE POTENCIA POR FASE DEL TRANSFORMADOR 800 KVA # 12185**

| HORAS                      |              | FASE      | FLICKER |          |        | FACTOR DE POTENCIA |          |        |
|----------------------------|--------------|-----------|---------|----------|--------|--------------------|----------|--------|
| Inicio                     | Fin          |           | Máximo  | Promedio | Mínimo | Máximo             | Promedio | Mínimo |
| <b>Incremento de carga</b> |              | <b>L1</b> | 0,29    | 0,29     | 0,28   | 0,98               | 0,97     | 0,97   |
|                            |              | <b>L2</b> | 0,30    | 0,29     | 0,29   | 0,98               | 0,98     | 0,97   |
| <b>5:00</b>                | <b>8:00</b>  | <b>L3</b> | 0,32    | 0,31     | 0,29   | 0,96               | 0,96     | 0,96   |
| <b>Máxima carga</b>        |              | <b>L1</b> | 0,38    | 0,32     | 0,26   | 0,98               | 0,97     | 0,97   |
|                            |              | <b>L2</b> | 0,31    | 0,29     | 0,28   | 0,98               | 0,98     | 0,97   |
| <b>8:00</b>                | <b>15:00</b> | <b>L3</b> | 0,33    | 0,31     | 0,29   | 0,97               | 0,96     | 0,96   |
| <b>Decremento de carga</b> |              | <b>L1</b> | 0,39    | 0,31     | 0,24   | 0,97               | 0,97     | 0,97   |
|                            |              | <b>L2</b> | 0,40    | 0,32     | 0,25   | 0,98               | 0,98     | 0,97   |
| <b>15:00</b>               | <b>22:00</b> | <b>L3</b> | 0,42    | 0,33     | 0,24   | 0,97               | 0,96     | 0,95   |
| <b>Mínima carga</b>        |              | <b>L1</b> | 0,48    | 0,36     | 0,25   | 0,98               | 0,97     | 0,96   |
|                            |              | <b>L2</b> | 0,43    | 0,34     | 0,24   | 0,99               | 0,99     | 0,99   |
| <b>22:00</b>               | <b>5:00</b>  | <b>L3</b> | 0,45    | 0,35     | 0,24   | 0,98               | 0,97     | 0,95   |

**FUENTE : Hospital IEES**

El CONELEC considera el límite  $Pst = 1$ , la cual se observa en la tabla 8 el máximo flicker de 0.48 en mínima carga de 22:00 a 5:00 y disminuye a 0.24 en el decremento de carga de 15:00 a 22:00, el valor se encuentra dentro de los límites permitidos.

En la tabla 8 se muestra el factor de potencia de 0.99 en el lapso de mínima carga de 22:00 a 5:00 y una disminución que llega a 0.96 en el incremento de carga de 5:00 a 8:00, está dentro de los valores establecidos en la normativa del CONELEC 004-01 con un  $F_p$  mayor de 0.92.

### 2.6.3.3.2 Resumen de resultados obtenidos con las mediciones del tablero general normal TGN.

TABLA 9 RESUMEN DE PARÁMETROS MEDIDOS DE VOLTAJE Y CORRIENTE POR FASE DEL TGN

| HORAS               |       | FASE | VOLTAJE (V) |          |        | CORRIENTE (A) |          |        |
|---------------------|-------|------|-------------|----------|--------|---------------|----------|--------|
| Inicio              | Fin   |      | Máximo      | Promedio | Mínimo | Máximo        | Promedio | Mínimo |
| Incremento de carga |       | L1   | 122,89      | 122,42   | 121,94 | 493,43        | 370,09   | 246,75 |
|                     |       | L2   | 124,18      | 123,63   | 123,09 | 491,18        | 374,86   | 258,55 |
| 5:00                | 8:00  | L3   | 123,15      | 122,46   | 121,78 | 477,24        | 349,99   | 222,75 |
| Máxima carga        |       | L1   | 122,34      | 121,36   | 120,39 | 573,20        | 503,64   | 434,08 |
|                     |       | L2   | 123,41      | 122,62   | 121,83 | 533,42        | 452,85   | 372,27 |
| 8:00                | 15:00 | L3   | 122,56      | 121,58   | 120,61 | 524,11        | 450,49   | 376,87 |
| Decremento de carga |       | L1   | 124,45      | 123,44   | 122,43 | 424,02        | 371,73   | 319,43 |
|                     |       | L2   | 124,83      | 123,63   | 122,43 | 388,36        | 337,09   | 285,82 |
| 15:00               | 22:00 | L3   | 123,93      | 123,01   | 122,10 | 383,52        | 332,22   | 280,91 |
| Mínima carga        |       | L1   | 124,38      | 123,63   | 122,89 | 263,18        | 224,52   | 185,86 |
|                     |       | L2   | 124,44      | 123,76   | 123,09 | 258,55        | 206,54   | 154,53 |
| 22:00               | 5:00  | L3   | 124,18      | 123,43   | 122,68 | 228,51        | 195,68   | 162,85 |

FUENTE : Hospital IEES

En el punto de medición del TGN correspondiente a la tabla 9, la tensión mínima llega hasta 120.39V en la máxima carga de 8:00 a 15:00 que representa el 5,3% del voltaje nominal de 127 V y el incremento de voltaje máxima llega hasta 124,83V

en el lapso del decremento de carga de 15:00 a 22:00, este aumento de voltaje no sobrepasa el nominal.

De acuerdo con la normativa del CONELEC 004-01 establece el nivel de voltaje que debe estar dentro del rango del  $\pm 8,0\%$ , el TGN cumple con los parámetros establecidos.

El TGN presenta variaciones de corriente como se muestra en la tabla 9 llega a 573,20 A en el lapso de máxima carga de 8:00 a 15:00 y disminuye hasta 154,53 A en mínima carga de 22:00 a 5:00.

El desbalance de voltaje que se tiene entre fase es de 1,19% en el lapso de máxima carga de 8:00 a 15:00 por lo cual está dentro del límite del 2%.

El desbalance de corriente que se tiene en mínima carga es del 15,17% en el tiempo de 22:00 a 5:00.

**TABLA 10 RESUMEN DE PARÁMETROS MEDIDOS DE (THDV) % Y THDI) % POR FASE DEL TGN**

| HORAS               |       | FASE | ARMONICOS (THDV)% |          |        | ARMONICOS (THDI)% |          |        |
|---------------------|-------|------|-------------------|----------|--------|-------------------|----------|--------|
| Inicio              | Fin   |      | Máximo            | Promedio | Mínimo | Máximo            | Promedio | Mínimo |
| Incremento de carga |       | L1   | 1,81              | 1,49     | 1,18   | 12,85             | 11,28    | 9,70   |
|                     |       | L2   | 1,90              | 1,48     | 1,05   | 12,40             | 11,24    | 10,08  |
| 5:00                | 8:00  | L3   | 1,65              | 1,46     | 1,28   | 14,38             | 11,74    | 9,10   |
| Máxima carga        |       | L1   | 1,81              | 1,71     | 1,60   | 11,80             | 10,60    | 9,40   |
|                     |       | L2   | 4,15              | 2,94     | 1,73   | 10,84             | 10,42    | 10,00  |
| 8:00                | 15:00 | L3   | 1,73              | 1,68     | 1,63   | 10,40             | 9,74     | 9,08   |
| Decremento de carga |       | L1   | 1,45              | 1,33     | 1,20   | 12,08             | 10,58    | 9,08   |
|                     |       | L2   | 1,70              | 1,41     | 1,13   | 12,20             | 10,99    | 9,78   |
| 15:00               | 22:00 | L3   | 1,60              | 1,51     | 1,41   | 12,78             | 11,74    | 10,70  |
| Mínima carga        |       | L1   | 1,18              | 1,04     | 0,90   | 12,98             | 12,11    | 11,25  |
|                     |       | L2   | 1,11              | 1,02     | 0,93   | 16,23             | 14,20    | 12,18  |
| 22:00               | 5:00  | L3   | 1,31              | 1,26     | 1,20   | 14,38             | 13,00    | 11,63  |

FUENTE : Hospital IEES

En la tabla 10 Muestra el máximo armónico de voltaje THDV% de 4,15% en la máxima carga de 8:00 a 15:00 y un valor mínimo de 0,90% en mínima carga de 22:00 a 5:00 estando dentro del límite del THDV% de 8% en dichos tiempos.

El límite de los armónicos de corriente THDI% es del 8%, en la tabla 10, se muestra un incremento del THDI de 16,23% en mínima carga de 22:00 a 5:00 y un valor mínimo de 9.08% en máxima carga de 8:00 a 15:00 excediendo del límite establecido en la norma IEEE-519-2014 del 8%.

En el anexo 9 se compara los resultados del THDI y THDV con los valores del CONELEC.

**TABLA 11 RESUMEN DE PARÁMETROS MEDIDOS DE FLICKER Y FACTOR DE POTENCIA POR FASE DEL TGN**

| HORAS               |       | FASE | FLICKER |          |        | FACTOR DE POTENCIA |          |        |
|---------------------|-------|------|---------|----------|--------|--------------------|----------|--------|
| Inicio              | Fin   |      | máximo  | promedio | mínimo | máximo             | promedio | mínimo |
| Incremento de carga |       | L1   | 0,55    | 0,49     | 0,43   | 0,95               | 0,95     | 0,94   |
|                     |       | L2   | 0,42    | 0,40     | 0,38   | 0,97               | 0,95     | 0,93   |
| 5:00                | 8:00  | L3   | 0,56    | 0,48     | 0,40   | 0,96               | 0,94     | 0,93   |
| Máxima carga        |       | L1   | 0,50    | 0,46     | 0,42   | 0,96               | 0,95     | 0,94   |
|                     |       | L2   | 0,47    | 0,43     | 0,38   | 0,97               | 0,95     | 0,93   |
| 8:00                | 15:00 | L3   | 0,53    | 0,47     | 0,41   | 0,98               | 0,96     | 0,94   |
| Decremento de carga |       | L1   | 0,46    | 0,40     | 0,34   | 0,99               | 0,97     | 0,95   |
|                     |       | L2   | 0,42    | 0,37     | 0,32   | 0,99               | 0,95     | 0,91   |
| 15:00               | 22:00 | L3   | 0,47    | 0,39     | 0,31   | 0,99               | 0,96     | 0,94   |
| Mínima carga        |       | L1   | 0,51    | 0,41     | 0,31   | 0,98               | 0,93     | 0,88   |
|                     |       | L2   | 0,55    | 0,43     | 0,32   | 0,98               | 0,94     | 0,90   |
| 22:00               | 5:00  | L3   | 0,52    | 0,41     | 0,29   | 0,97               | 0,94     | 0,90   |

FUENTE : Hospital IEES



El CONELEC considera el límite  $Pst = 1$ , la cual se observa en la tabla 11, Da el máximo FLICKER de 0,56 en el incremento de carga de 5:00 a 8:00 y disminuye a 0,29 en mínima carga de 22:00 a 5:00 encontrándose dentro del límite permitido.

En la tabla 11 se muestra el factor de potencia que varía de 0.99 en el decremento de carga de 15:00 a 22:00 valor que entra en el rango permitido y una disminución en mínima carga de 0.88, quedando fuera del valor permitido, pero es en un intervalo de tiempo corto, motivo por el cual no se realizara ningún correctivo, la mayor parte posee un buen factor de potencia.

### 2.6.3.3 Resumen de resultados obtenidos con las mediciones del tablero general emergencia TGE.

TABLA 12 RESUMEN DE PARÁMETROS MEDIDOS DE VOLTAJE Y CORRIENTE POR FASE DEL TGE

| HORAS               |       | FASE | VOLTAJE (V) |          |        | CORRIENTE (A) |          |        |
|---------------------|-------|------|-------------|----------|--------|---------------|----------|--------|
| Inicio              | Fin   |      | Máximo      | Promedio | Mínimo | Máximo        | Promedio | Mínimo |
| Incremento de carga |       | L1   | 123,67      | 122,83   | 122,00 | 527,46        | 429,85   | 332,25 |
|                     |       | L2   | 123,59      | 122,37   | 121,14 | 523,77        | 462,05   | 400,33 |
| 5:00                | 8:00  | L3   | 123,62      | 122,71   | 121,79 | 535,64        | 438,82   | 342,00 |
| Máxima carga        |       | L1   | 122,36      | 121,72   | 121,08 | 569,11        | 536,85   | 504,58 |
|                     |       | L2   | 122,91      | 122,28   | 121,66 | 573,51        | 538,72   | 503,93 |
| 8:00                | 15:00 | L3   | 122,53      | 121,97   | 121,41 | 575,18        | 545,10   | 515,01 |
| Decremento de carga |       | L1   | 123,55      | 122,50   | 121,44 | 494,18        | 439,47   | 384,75 |
|                     |       | L2   | 124,08      | 122,94   | 121,80 | 501,82        | 442,93   | 384,03 |
| 15:00               | 22:00 | L3   | 123,52      | 122,53   | 121,53 | 520,64        | 456,10   | 391,57 |
| Mínima carga        |       | L1   | 124,63      | 123,86   | 123,09 | 408,14        | 341,22   | 274,30 |
|                     |       | L2   | 124,19      | 123,70   | 123,21 | 409,57        | 370,36   | 331,16 |
| 22:00               | 5:00  | L3   | 124,24      | 123,64   | 123,04 | 385,36        | 346,43   | 307,50 |

FUENTE : Hospital IEES

En el punto de medición del TGE correspondiente a la tabla 12, la tensión mínima llega hasta 121.08V en la máxima carga de 8:00 a 15:00 que representa el 4.7% del voltaje nominal de 127 V y el incremento de voltaje máxima llega hasta 124,63V

en el lapso de mínima carga de 22:00 a 5:00, este aumento de voltaje no sobrepasa el nominal. El TGE cumple con los parámetros establecidos dentro del rango del  $\pm 8,0\%$ .

El TGE presenta variaciones de corriente como se muestra en la tabla 12 llega a 575,18 A en el lapso de máxima carga de 8:00 a 15:00 y disminuye hasta 274,30 A en mínima carga de 22:00 a 5:00.

El desbalance de voltaje que se tiene entre fase es de 0,71% en el lapso de incremento de carga de 5:00 a 8:00 por lo cual está dentro del límite del 2%.

El desbalance de corriente que se tiene en mínima carga es del 5,91% en el tiempo de 22:00 a 5:00.

**TABLA 13 RESUMEN DE PARÁMETROS MEDIDOS DE (THD<sub>v</sub>)% Y (THD<sub>i</sub>) % POR FASE DEL TGE**

| HORAS               |       | FASE | ARMONICOS (THD <sub>v</sub> )% |          |        | ARMONICOS (THD <sub>i</sub> )% |          |        |
|---------------------|-------|------|--------------------------------|----------|--------|--------------------------------|----------|--------|
| Inicio              | Fin   |      | Máximo                         | Promedio | Mínimo | Máximo                         | Promedio | Mínimo |
| Incremento de carga |       | L1   | 1,40                           | 1,30     | 1,20   | 14,00                          | 12,35    | 10,70  |
|                     |       | L2   | 1,43                           | 1,26     | 1,10   | 16,20                          | 12,98    | 9,75   |
| 5:00                | 8:00  | L3   | 1,40                           | 1,36     | 1,31   | 13,05                          | 10,96    | 8,88   |
| Máxima carga        |       | L1   | 2,04                           | 1,72     | 1,40   | 15,35                          | 13,49    | 11,63  |
|                     |       | L2   | 2,12                           | 1,81     | 1,50   | 15,65                          | 13,96    | 12,28  |
| 8:00                | 15:00 | L3   | 1,91                           | 1,67     | 1,43   | 12,85                          | 11,76    | 10,68  |
| Decremento de carga |       | L1   | 1,73                           | 1,44     | 1,15   | 15,05                          | 13,38    | 11,70  |
|                     |       | L2   | 1,81                           | 1,51     | 1,20   | 15,10                          | 12,69    | 10,28  |
| 15:00               | 22:00 | L3   | 1,73                           | 1,55     | 1,38   | 13,40                          | 11,99    | 10,58  |
| Mínima carga        |       | L1   | 1,21                           | 1,07     | 0,93   | 13,90                          | 11,55    | 9,20   |
|                     |       | L2   | 1,13                           | 1,08     | 1,03   | 11,70                          | 9,57     | 7,44   |
| 22:00               | 5:00  | L3   | 1,45                           | 1,39     | 1,33   | 12,50                          | 9,89     | 7,29   |

**FUENTE : Hospital IEES**

En la tabla 13 muestra el máximo armónico de voltaje THDv% de 2.12% en la máxima carga de 8:00 a 15:00 y un valor mínimo de 0,93% en mínima carga de 22:00 a 5:00 estando dentro del límite del THDv% de 8% en dichos tiempos.

El límite de los armónicos de corriente THDi% es del 8%, en la tabla 13. se muestra un incremento del THDi de 16,20% en el incremento de carga de 5:00 a 8:00 excediendo del límite establecido en la norma IEEE-519-2014 y un valor mínimo de 7,29% en mínima carga de 22:00 a 5:00 el cual no supera el límite del 8% en el intervalo de tiempo, con los valores registrados de debe aplicar acciones correctivas.

En el anexo 10 se compara los resultados del THDi y THDv con los valores del CONELEC.

**TABLA 14 RESUMEN DE PARÁMETROS MEDIDOS DE FLICKER Y FACTOR DE POTENCIA POR FASE DEL TGE**

| HORAS               |       | FASE | FLICKER |          |        | FACTOR DE POTENCIA |          |        |
|---------------------|-------|------|---------|----------|--------|--------------------|----------|--------|
| Inicio              | Fin   |      | Máximo  | Promedio | Mínimo | Máximo             | Promedio | Mínimo |
| Incremento de carga |       | L1   | 0,50    | 0,44     | 0,38   | 0,96               | 0,94     | 0,93   |
|                     |       | L2   | 0,47    | 0,43     | 0,38   | 0,98               | 0,96     | 0,94   |
| 5:00                | 8:00  | L3   | 0,46    | 0,45     | 0,43   | 0,94               | 0,92     | 0,90   |
| Máxima carga        |       | L1   | 0,54    | 0,47     | 0,39   | 0,96               | 0,95     | 0,94   |
|                     |       | L2   | 0,46    | 0,42     | 0,38   | 0,95               | 0,94     | 0,93   |
| 8:00                | 15:00 | L3   | 0,50    | 0,45     | 0,40   | 0,94               | 0,92     | 0,90   |
| Decremento de carga |       | L1   | 0,46    | 0,41     | 0,36   | 0,95               | 0,94     | 0,93   |
|                     |       | L2   | 0,41    | 0,37     | 0,33   | 0,98               | 0,96     | 0,94   |
| 15:00               | 22:00 | L3   | 0,50    | 0,40     | 0,30   | 0,93               | 0,92     | 0,90   |
| Mínima carga        |       | L1   | 0,35    | 0,29     | 0,23   | 0,96               | 0,94     | 0,92   |
|                     |       | L2   | 0,31    | 0,26     | 0,21   | 0,99               | 0,98     | 0,97   |
| 22:00               | 5:00  | L3   | 0,32    | 0,26     | 0,20   | 0,94               | 0,92     | 0,90   |

FUENTE : Hospital IEES

El CONELEC considera el límite  $P_{st} = 1$ , la cual se observa en la tabla 14 da el máximo FLICKER de 0,54 en máxima carga de 8:00 a 15:00 y disminuye a 0,20 en mínima carga de 22:00 a 5:00 encontrándose dentro del límite permitido.

En la tabla 14 se muestra el factor de potencia que varía de 0.99 a 0.90 siendo la más afectada la línea 3.

#### 2.6.3.3.4 Tablero principal normal (TPN)

La medición y los datos tabulados se encuentran en el anexo 11, se resaltan los valores máximos en cada línea, pero a diferencia que la máxima potencia de línea 3 es a las 9:00 y de las líneas 1 y 2 son las 11:00.

#### 2.6.3.3.5 Resumen de resultados obtenidos con las mediciones del tablero principal normal TPN.

TABLA 15 RESUMEN DE PARÁMETROS MEDIDOS DE VOLTAJE Y CORRIENTE POR FASE DEL TPN

| HORAS               |       | FASE | VOLTAJE (V) |          |        | CORRIENTE (A) |          |        |
|---------------------|-------|------|-------------|----------|--------|---------------|----------|--------|
| Inicio              | Fin   |      | máximo      | promedio | mínimo | máximo        | promedio | mínimo |
| Incremento de carga |       | L1   | 123,24      | 122,17   | 121,09 | 509,91        | 397,07   | 284,23 |
|                     |       | L2   | 122,43      | 122,18   | 121,93 | 537,32        | 427,49   | 317,66 |
| 5:00                | 8:00  | L3   | 122,68      | 122,16   | 121,64 | 484,14        | 384,32   | 284,50 |
| Máxima carga        |       | L1   | 121,38      | 120,67   | 119,96 | 526,95        | 427,66   | 328,36 |
|                     |       | L2   | 121,29      | 120,45   | 119,62 | 512,80        | 473,44   | 434,09 |
| 8:00                | 15:00 | L3   | 122,95      | 122,02   | 121,08 | 540,14        | 487,91   | 435,68 |
| Decremento de carga |       | L1   | 123,40      | 122,45   | 121,50 | 448,02        | 376,08   | 304,14 |
|                     |       | L2   | 122,53      | 121,58   | 120,63 | 482,86        | 408,11   | 333,36 |
| 15:00               | 22:00 | L3   | 123,32      | 122,47   | 121,62 | 399,00        | 341,32   | 283,64 |
| Mínima carga        |       | L1   | 123,58      | 123,35   | 123,12 | 249,55        | 228,70   | 207,86 |
|                     |       | L2   | 123,06      | 122,64   | 122,21 | 247,98        | 223,41   | 198,84 |
| 22:00               | 5:00  | L3   | 124,28      | 123,53   | 122,78 | 250,68        | 225,93   | 201,18 |

FUENTE : Hospital IEES

En el punto de medición del TPN correspondiente a la tabla 15, la tensión mínima llega hasta 119,62V en la máxima carga de 8:00 a 15:00 que representa el 5,8% del voltaje nominal de 127 V y el incremento de voltaje máxima llega hasta 124,28V en el lapso de mínima carga de 22:00 a 5:00, este aumento de voltaje no sobrepasa el nominal. Los valores están dentro del rango del  $\pm 8,0\%$  permitido por el CONELEC.

El TPN presenta variaciones de corriente como se muestra en la tabla 15 llega a 540.14 A en el lapso de máxima carga de 8:00 a 15:00 y disminuye hasta 198.84 A en mínima carga de 22:00 a 5:00.

El desbalance de voltaje que se tiene entre fase es de 1,36% en máxima carga de 8:00 a 15:00 por lo cual está dentro del límite del 2%. El desbalance de corriente que se tiene en el decremento de carga es del 17.37% en el tiempo de 15:00 a 22:00.

**TABLA 16 RESUMEN DE PARÁMETROS MEDIDOS DE (THDV)% Y (THDI) % POR FASE DEL TPN**

| HORAS               |       | FASE | ARMONICOS (THDv)% |          |        | ARMONICOS (THDi)% |          |        |
|---------------------|-------|------|-------------------|----------|--------|-------------------|----------|--------|
| Inicio              | Fin   |      | Máximo            | Promedio | Mínimo | Máximo            | Promedio | Mínimo |
| Incremento de carga |       | L1   | 4,30              | 3,40     | 2,50   | 8,87              | 8,35     | 7,83   |
|                     |       | L2   | 4,70              | 4,00     | 3,30   | 8,50              | 8,40     | 8,30   |
| 5:00                | 8:00  | L3   | 4,95              | 4,29     | 3,63   | 6,70              | 6,33     | 5,95   |
| Máxima carga        |       | L1   | 4,30              | 4,01     | 3,72   | 9,20              | 8,75     | 8,30   |
|                     |       | L2   | 4,80              | 4,63     | 4,45   | 9,93              | 9,02     | 8,10   |
| 8:00                | 15:00 | L3   | 5,30              | 4,97     | 4,63   | 8,10              | 7,03     | 5,97   |
| Decremento de carga |       | L1   | 3,63              | 3,03     | 2,43   | 8,53              | 8,05     | 7,57   |
|                     |       | L2   | 4,20              | 3,41     | 2,62   | 9,15              | 7,82     | 6,48   |
| 15:00               | 22:00 | L3   | 4,60              | 3,77     | 2,93   | 7,80              | 6,94     | 6,08   |
| Mínima carga        |       | L1   | 2,35              | 1,98     | 1,60   | 8,43              | 7,82     | 7,20   |
|                     |       | L2   | 2,35              | 2,14     | 1,93   | 7,95              | 7,38     | 6,80   |
| 22:00               | 5:00  | L3   | 2,80              | 2,53     | 2,27   | 8,25              | 7,04     | 5,83   |

FUENTE : Hospital IEES

En la tabla 16 muestra el máximo armónico de voltaje THDV% de 5.30% en la máxima carga de 8:00 a 15:00 y un valor mínimo de 1.60% en mínima carga de 22:00 a 5:00 estando dentro del límite del THDV% de 8% en dichos tiempos.

El límite de los armónicos de corriente THDi% es del 8%, en la tabla 16 se muestra un incremento del THDi de 9.33% en máxima carga de 8:00 a 15:00 excediendo del límite establecido en la norma IEEE-519-2014 y un valor mínimo de 5.83% en mínima carga de 22:00 a 5:00 el cual no supera el límite del 8% en el intervalo de tiempo.

En el anexo 12 se compara los resultados del THDi y THDv con los valores del CONELEC.

**TABLA 17 RESUMEN DE PARÁMETROS MEDIDOS DE FLICKER Y FACTOR DE POTENCIA POR FASE DEL TPN**

| HORAS               |       | FASE | FLICKER |          |        | FACTOR DE POTENCIA |          |        |
|---------------------|-------|------|---------|----------|--------|--------------------|----------|--------|
| Inicio              | Fin   |      | Máximo  | Promedio | Mínimo | Máximo             | Promedio | Mínimo |
| Incremento de carga |       | L1   | 0,65    | 0,65     | 0,64   | 0,99               | 0,98     | 0,97   |
|                     |       | L2   | 0,66    | 0,62     | 0,59   | 0,99               | 0,98     | 0,97   |
| 5:00                | 8:00  | L3   | 0,94    | 0,85     | 0,75   | 0,98               | 0,97     | 0,97   |
| Máxima carga        |       | L1   | 0,75    | 0,67     | 0,59   | 0,99               | 0,97     | 0,96   |
|                     |       | L2   | 0,77    | 0,67     | 0,58   | 0,98               | 0,96     | 0,94   |
| 8:00                | 15:00 | L3   | 1,12    | 1,01     | 0,89   | 0,98               | 0,97     | 0,95   |
| Decremento de carga |       | L1   | 0,59    | 0,52     | 0,46   | 0,99               | 0,99     | 0,98   |
|                     |       | L2   | 0,63    | 0,51     | 0,39   | 0,98               | 0,96     | 0,94   |
| 15:00               | 22:00 | L3   | 0,86    | 0,64     | 0,42   | 0,96               | 0,94     | 0,92   |
| Mínima carga        |       | L1   | 0,54    | 0,45     | 0,37   | 0,99               | 0,98     | 0,97   |
|                     |       | L2   | 0,64    | 0,51     | 0,38   | 0,99               | 0,97     | 0,96   |
| 22:00               | 5:00  | L3   | 0,72    | 0,61     | 0,49   | 0,98               | 0,96     | 0,94   |

FUENTE : Hospital IEES

El CONELEC considera el límite  $P_{st} = 1$ , la cual se observa en la tabla 17 Da el máximo FLICKER de 1.12 en máxima carga de 8:00 a 15:00 excediendo del límite,

pero no es muy prolongada su duración en el sistema y disminuye a 0.37 en mínima carga de 22:00 a 5:00 encontrándose dentro del límite permitido. En la tabla 17 se muestra el factor de potencia que varía de 0.99 a 0.92 en las 24 horas del día, estos valores están dentro la normativa del CONELEC 004-01 con un Fp de 0.92 permitidos.

### 2.6.3.3.6 Tablero principal de emergencia (TPE)

La medición y los datos tabulados se encuentran en el anexo 13, se resaltan los valores máximos en cada línea, se observa que las máximas potencia de líneas no coinciden en la misma hora y son a partir de las 12:00 del día a diferencia del tablero TPN que las máximas potencias son antes de las 12:00.

### 2.6.3.3.7 Resumen de resultados obtenidos con las mediciones del tablero principal emergencia TPE.

TABLA 18 RESUMEN DE PARÁMETROS MEDIDOS DE VOLTAJE Y CORRIENTE POR FASE DEL TPE

| HORAS               |       | FASE | VOLTAJE (V) |          |        | CORRIENTE (A) |          |        |
|---------------------|-------|------|-------------|----------|--------|---------------|----------|--------|
| Inicio              | Fin   |      | Máximo      | Promedio | Mínimo | Máximo        | Promedio | Mínimo |
| Incremento de carga |       | L1   | 123,89      | 123,54   | 123,18 | 494,11        | 453,40   | 412,68 |
|                     |       | L2   | 122,47      | 121,99   | 121,52 | 478,05        | 445,27   | 412,50 |
| 5:00                | 8:00  | L3   | 122,96      | 122,49   | 122,03 | 520,82        | 467,98   | 415,14 |
| Máxima carga        |       | L1   | 123,85      | 123,14   | 122,43 | 565,43        | 532,30   | 499,16 |
|                     |       | L2   | 121,78      | 121,16   | 120,55 | 562,32        | 526,82   | 491,32 |
| 8:00                | 15:00 | L3   | 123,15      | 122,01   | 120,88 | 581,50        | 531,36   | 481,23 |
| Decremento de carga |       | L1   | 124,19      | 123,21   | 122,23 | 517,91        | 433,84   | 349,77 |
|                     |       | L2   | 123,21      | 121,95   | 120,69 | 513,98        | 434,63   | 355,27 |
| 15:00               | 22:00 | L3   | 124,45      | 123,09   | 121,73 | 522,61        | 450,68   | 378,75 |
| Mínima carga        |       | L1   | 125,01      | 124,04   | 123,07 | 382,36        | 341,56   | 300,75 |
|                     |       | L2   | 122,70      | 121,80   | 120,89 | 367,09        | 322,84   | 278,59 |
| 22:00               | 5:00  | L3   | 123,74      | 123,14   | 122,55 | 379,36        | 332,66   | 285,95 |

FUENTE : Hospital IEES

En el punto de medición del TPE correspondiente a la tabla 18, el voltaje mínimo llega hasta 120,55V en la máxima carga de 8:00 a 15:00 que representa el 5,1% del voltaje nominal de 127 V y el incremento de voltaje máxima llega hasta 125,01V en el lapso de mínima carga de 22:00 a 5:00, este aumento de voltaje no sobrepasa el nominal.

De acuerdo con la normativa del CONELEC 004-01 establece el nivel de voltaje que debe estar dentro del rango del  $\pm 8,0\%$ , el transformador cumple con los parámetros establecidos. El TPE presenta variaciones de corriente como se muestra en la tabla 18 llega a 581.50 A en el lapso de máxima carga de 8:00 a 15:00 y disminuye hasta 278.59 A en mínima carga de 22:00 a 5:00.

El desbalance de voltaje que se tiene entre fase es de 1,86% en mínima carga de 22:00 a 5:00 por lo cual está dentro del límite del 2%.

El desbalance de corriente que se tiene en el incremento de carga es del 8,95% en el tiempo de 5:00 a 8:00.

**TABLA 19 RESUMEN DE LOS PARÁMETROS MEDIDOS DE (THDV)% Y (THDI)% POR FASE DEL TPE**

| HORAS               |       | FASE | ARMONICOS (THDv)% |          |        | ARMONICOS (THDi)% |          |        |
|---------------------|-------|------|-------------------|----------|--------|-------------------|----------|--------|
| Inicio              | Fin   |      | Máximo            | Promedio | Mínimo | Máximo            | Promedio | Mínimo |
| Incremento de carga |       | L1   | 4,30              | 3,52     | 2,73   | 13,80             | 13,25    | 12,70  |
|                     |       | L2   | 4,77              | 4,12     | 3,47   | 14,90             | 14,13    | 13,37  |
| 5:00                | 8:00  | L3   | 5,23              | 4,60     | 3,97   | 11,87             | 11,08    | 10,30  |
| Máxima carga        |       | L1   | 4,60              | 4,35     | 4,10   | 14,10             | 13,55    | 13,00  |
|                     |       | L2   | 5,30              | 5,13     | 4,97   | 14,40             | 13,23    | 12,05  |
| 8:00                | 15:00 | L3   | 5,60              | 5,38     | 5,15   | 11,40             | 10,40    | 9,40   |
| Decremento de carga |       | L1   | 3,87              | 3,26     | 2,65   | 15,10             | 13,78    | 12,47  |
|                     |       | L2   | 4,80              | 3,92     | 3,03   | 14,68             | 12,96    | 11,23  |
| 15:00               | 22:00 | L3   | 5,10              | 4,25     | 3,40   | 11,83             | 10,59    | 9,35   |
| Mínima carga        |       | L1   | 2,60              | 2,25     | 1,90   | 14,90             | 13,15    | 11,40  |
|                     |       | L2   | 3,00              | 2,65     | 2,30   | 14,93             | 13,03    | 11,13  |
| 22:00               | 5:00  | L3   | 3,15              | 2,88     | 2,60   | 9,05              | 7,34     | 5,63   |

FUENTE : Hospital IEES



En la tabla 19 muestra el máximo armónico de voltaje THDv% de 5,60% en la máxima carga de 8:00 a 15:00 y un valor mínimo de 1.90% en mínima carga de 22:00 a 5:00 estando dentro del límite del THDv% de 8% en dichos tiempos.

El límite de los armónicos de corriente THDi% es del 8%, en la tabla 19, se muestra un incremento del THDi de 15,10% en el lapso del decremento de carga de 15:00 a 22:00 excediendo del límite establecido en la norma IEEE-519-2014 y un valor mínimo de 5,63% en mínima carga de 22:00 a 5:00 el cual no supera el límite del 8% en el intervalo de tiempo. en el anexo 14 se compara los resultados del THDi y THDv con los valores del CONELEC.

**TABLA 20 RESUMEN DE PARÁMETROS MEDIDOS DE FLICKER Y FACTOR DE POTENCIA POR FASE DEL TPE**

| HORAS               |       | FASE | FLICKER |          |        | FACTOR DE POTENCIA |          |        |
|---------------------|-------|------|---------|----------|--------|--------------------|----------|--------|
| Inicio              | Fin   |      | Máximo  | Promedio | Mínimo | Máximo             | Promedio | Mínimo |
| Incremento de carga |       | L1   | 0,80    | 0,79     | 0,78   | 0,96               | 0,94     | 0,93   |
|                     |       | L2   | 0,96    | 0,95     | 0,94   | 0,95               | 0,95     | 0,94   |
| 5:00                | 8:00  | L3   | 1,24    | 1,23     | 1,22   | 0,95               | 0,95     | 0,95   |
| Máxima carga        |       | L1   | 0,84    | 0,82     | 0,79   | 0,96               | 0,95     | 0,95   |
|                     |       | L2   | 1,05    | 1,02     | 0,98   | 0,95               | 0,95     | 0,94   |
| 8:00                | 15:00 | L3   | 1,34    | 1,24     | 1,13   | 0,96               | 0,94     | 0,93   |
| Decremento de carga |       | L1   | 0,81    | 0,69     | 0,56   | 0,95               | 0,94     | 0,93   |
|                     |       | L2   | 0,97    | 0,82     | 0,67   | 0,97               | 0,96     | 0,95   |
| 15:00               | 22:00 | L3   | 1,30    | 1,07     | 0,84   | 0,97               | 0,95     | 0,93   |
| Mínima carga        |       | L1   | 0,63    | 0,58     | 0,53   | 0,94               | 0,93     | 0,92   |
|                     |       | L2   | 0,72    | 0,68     | 0,65   | 0,98               | 0,97     | 0,96   |
| 22:00               | 5:00  | L3   | 0,87    | 0,78     | 0,69   | 0,97               | 0,96     | 0,95   |

FUENTE : Hospital IEES

El CONELEC considera el límite  $P_{st} = 1$ , la cual se observa en la tabla 20 El FLICKER máximo de 1,34 en máxima carga de 8:00 a 15:00 excede el límite permitido por un lapso de tiempo y disminuye a 0.53 en mínima carga de 22:00 a 5:00, está dentro de los límites permitidos.

En la tabla 20 se muestra el factor de potencia de 0.98 en el lapso de mínima carga de 22:00 a 5:00 y una disminución que llega a 0.92 valor que se encuentra dentro de la normativa del CONELEC 004/01.

#### **2.6.3.4 RESUMEN GENERAL DE LAS MEDICIONES**

##### **2.6.3.4.1 El transformador de 800kVA presenta varios análisis:**

Las variaciones de voltaje se encuentran en el 2,9% siendo el valor mínimo y el máximo no sobrepasando el valor nominal del voltaje nominal valor que está dentro del parámetro establecido.

El desbalance de voltaje máximo que se tiene entre fases es de 0,71% encontrándose dentro del límite permitido.

Las variaciones de corrientes que se tienen es de 1104,86 A la máxima y la mínima de 448,82 A.

El desbalance de corriente máximo que se tiene en las fases es de 6.49% valor que no supera el rango en el cual no necesita de correctivos.

El valor máximo del THDv se tiene de 1,10% encontrándose en los parámetros permitidos.

En el THDi el valor máximo al que llega es de 9,57% excediéndose de los límites establecidos, el cual necesita que se realice los correctivos necesarios.

Se tiene un valor máximo de FLICKER de 0,48 valores que se encuentra en los límites establecidos.

El factor de potencia que se tiene en el punto de medición se encuentra en un rango de 0.92 a 0.99 funcionando adecuadamente.

#### **2.6.3.4.2 El tablero general normal TGN presenta varios análisis**

La variación de voltaje mínimo se tiene de 5,3% y el máximo no sobrepasa el valor nominal de 127V, estando en dentro del límite, pero a la vez se está aproximando al límite.

El desbalance de voltaje máximo que se tiene entre fase es de 1,19% el cual por el momento no necesita realizar correctivos.

Las variaciones de corriente máxima que se tiene en este punto de medición es de 573,20 A y la mínima de 154,53 A.

El desbalance de corrientes máximas que se tiene es de 15,17% valor que se encuentra dentro del rango permitido.

El máximo THDv es de 4,15% encontrándose dentro del rango.

El THDi máximo de corriente se tiene de 16,23% el cual sobrepasa el valor mínimo establecido en cual necesita realizar correctivos.

El FLICKER presenta variaciones es el rango de 0,29 a 0,56 entando dentro del límite permitido.

El factor de potencia se mantiene en un 0,99 excepto en un corto lapso de tiempo que llega a 0.88 en la línea 1 el cual por ser de corta duración se considera que se encuentra dentro de los parámetros establecidos.

#### **2.6.3.4.3 El tablero general de emergencia TGE presenta varios análisis**

La variación de voltaje mínimo se tiene de 4,7% y el máximo no sobrepasa el valor nominal de 127V, estando en dentro del límite, pero a la vez se está aproximando al límite.

El desbalance de voltaje máximo que se tiene entre fases es de 0,71% el cual no sobrepasa el límite.

Las variaciones de corriente máxima que se tiene en este punto de medición es de 575,18 A y la mínima de 274,30 A.

El desbalance de corrientes máximas que se tiene es de 5,91% valor que se encuentra dentro del rango permitido.

El máximo THD<sub>v</sub> es de 2,12% encontrándose dentro del rango.

El THD<sub>i</sub> máximo de corriente se tiene de 16,20% y el mínimo de 7,29% el cual sobrepasa el valor mínimo establecido en cual necesita realizar correctivos.

El FLICKER presenta variaciones es el rango de 0,20 a 0,54 valor que está dentro del límite permitido menor a 1.

La variación del factor de potencia es de 0,71 a 0,89 el cual necesita ser corregido, los valores se encuentran fuera del límite permitido.

#### **2.6.3.4.4 El tablero principal normal TPN presenta varios análisis**

Las variaciones de voltaje se encuentran en el 5,8% siendo el valor mínimo y el máximo no sobrepasando el valor nominal del voltaje nominal valor que está dentro del parámetro establecido.

El desbalance de voltaje máximo que se tiene entre fases es de 1,36% encontrándose dentro del límite permitido.

Las variaciones de corrientes que se tiene en máxima es de 540,14 A y la mínima de 198,84 A.

El desbalance de corriente máximo que se tiene en las fases es de 17,37% valor que no supera el rango en el cual no necesita de correctivos.

El valor máximo del THDv se tiene de 5,30% y mínimo de 1,60% encontrándose en los parámetros permitidos.

En el THDi el valor máximo al que llega es de 9,33% y mínimo de 5,83 % excediéndose de los límites establecidos, el cual necesita que se realice los correctivos necesarios.

Se tiene un valor máximo de FLICKER de 1,12 valores que se encuentra en los límites establecidos, pero no es muy prolongada su duración disminuyendo a 0,37 valor que entra en el límite permitido.

El factor de potencia que se tiene en el punto de medición se encuentra en un rango de 0.92 a 0.99 funcionando adecuadamente.

#### **2.6.3.4.5 El tablero principal de emergencia TPE presenta varios análisis:**

El TPE presenta variaciones de voltaje en mínimo de 5,1% y el máximo no sobrepasa el valor nominal del voltaje nominal valor que está dentro del parámetro establecido.

El desbalance de voltaje máximo que se tiene entre fases es de 1,86% encontrándose dentro del límite permitido, pero a la vez el valor se está aproximando al límite permitido.

Las variaciones de corrientes que se tiene en máxima es de 581,50 A y la mínima de 278,59 A.

El desbalance de corriente máximo que se tiene en las fases es de 8,95% valor que no supera el rango en el cual no necesita de correctivos.

El valor máximo del THDv se tiene de 5,60% y mínimo de 1,90% encontrándose en los parámetros permitidos.

En el THDi el valor máximo al que llega es de 15,10% y mínimo de 5,63 % excediéndose de los límites establecidos, el cual necesita que se realice los correctivos necesarios.

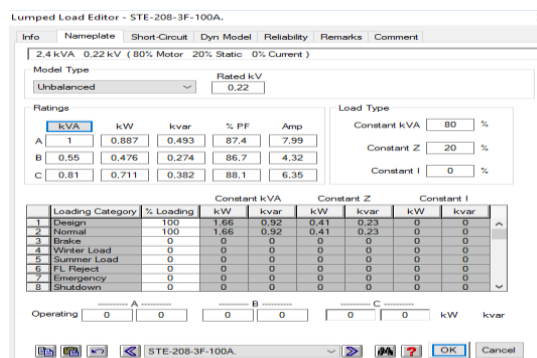
Se tiene un valor máximo de FLICKER de 1,34 valores que se encuentra en los límites establecidos, pero no es muy prolongada su duración disminuyendo a 0,53 valor que entra en el límite permitido.

La variación del factor de potencia es de 0,73 a 0,88 el cual necesita ser corregido, valores que se encuentra fuera del límite permitido.

## 2.6.4 SIMULACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO DEL HOSPITAL EN EL SOFTWARE ETAP 12.6.0

Para la simulación en el software ETAP 12.6.0 se realizó con los valores obtenidos mediante la tabulación con el histograma de frecuencias aplicado a los datos exportados de cada medición de los tableros y transformador general para posteriormente el ingreso de datos de potencia activa y potencia reactiva que es un parámetro necesario para la simulación de flujo de carga en el ETAP como se observa en la fig. 14.

FIGURA 14 INGRESO DE DATOS PARA LA CARGA

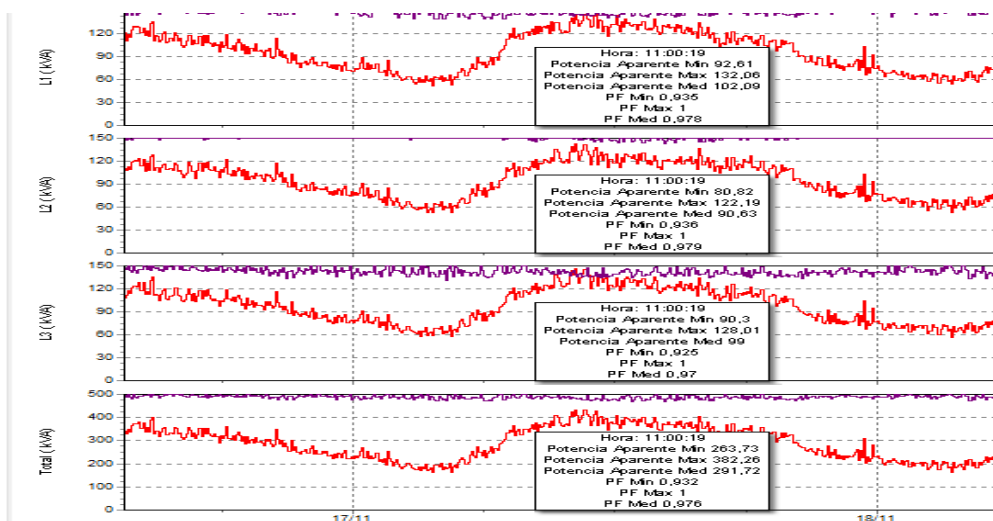


FUENTE : Etap

Los valores tabulados de cada parámetro eléctrico de cada subtablero se describen en el anexo 15 el cual contiene las potencias activas, reactivas, calibres de conductores y porcentajes de armónicos THDv y THDi de cada subtableros.

Para la ejecución de la simulación se procedió con el diseño del sistema eléctrico completo en la software, graficando un equivalente de red que representa al alimentador de la empresa eléctrica EESA alimentando por medio voltaje al transformador general de 800 KVA, derivándose hacia los tableros generales (generados y no generados), siguiendo con la división de los circuitos hasta los tableros principales normales y de emergencia, procediendo a graficar las barras de los tableros generales y principales para insertar la carga perteneciente a cada tablero, siendo los tableros principales los de mayor concentración de subtableros. Conociendo la carga del hospital que tiene un comportamiento de desbalance entre cada una de sus fases se ingresó en la simulación los parámetros de carga desbalanceada con la potencia activa y reactiva perteneciente a cada fase, realizando los mismos pasos para cada subtablero, después de que todos los datos sean ingresos se procede a la simulación en carga desbalanceada que es una opción que permite el software para conocer los parámetros eléctricos de cada fase descritos en cada barra, la simulación se presenta en el anexo 16, adjunta en el CD

FIGURA 15 CURVA DE POTENCIA APARENTE (KVA) POR FASE DEL TRANSFORMADOR GENERAL



FUENTE : Hospital IEES

En la fig. 15 se presentan los valores obtenidos con el analizador de red pertenecientes al transformador general en el que se puede visualizar las mediciones de las potencias aparentes de cada línea asemejándose a los valores de las potencias de la simulación.

Los resultados obtenidos tienen variaciones con respecto a la medición ya que los valores ingresados se tabularon mediante el histograma de frecuencia que resalta el valor más frecuente que ocurre en el tiempo de operación del sistema, también en la fig. 15 se aprecia bajos de potencia esto es debido a la medición de los siete días ya que la carga varía en las 24 horas.

**TABLA 21 COMPARACION DE LOS DATOS DEL TRAFICO GENERAL**

|              | <b>MEDIDO FLUKE</b> |                | <b>SIMULADO ETAP</b> |                |
|--------------|---------------------|----------------|----------------------|----------------|
| <b>FASES</b> | <b>P(KW)</b>        | <b>Q(KVAr)</b> | <b>P(KW)</b>         | <b>Q(KVAr)</b> |
| L1           | 127,61              | 42,09          | 129                  | 34             |
| L2           | 125,1               | 41,0           | 121                  | 33             |
| L3           | 124,38              | 39,95          | 124                  | 36             |

**FUENTE:** Etap 12.6

La tabla 21 se presenta los valores de potencia activa kW y reactiva kVAr obtenidos de las mediciones de 7 días continuos mediante la tabulación con el histograma de frecuencia y los datos simulados en el software Etap 12.6, el cual indica que los valores se asemejan.

#### **2.6.4.1 DATOS SIMULADOS DE LAS AREAS CRITICAS**

En la tabla 22 se describen los valores simulados y las formas de onda obtenidos del analizador de red de las partes críticas del hospital, no se realizó el análisis del tablero de emergencia perteneciente a uno de los tableros críticos, ya que se realizaron adecuaciones en el tablero eliminándose las fallas que presentaban.



TABLA 22 COMPARACIÓN DE LOS DATOS PERMITIDOS CON LOS  
DATOS SIMULADOS

| TABLERO              | PERMITIDO   |      | SIMULADO ETAP |      |
|----------------------|-------------|------|---------------|------|
|                      | VOLTAJE (V) | Fp   | VOLTAJE (V)   | Fp   |
| QUIROFANOS STE-207   | 127         | 0,92 | 122,4         | 0,97 |
| QUIROFANOSSTE-208    | 127         | 0,92 | 123,7         | 0,87 |
| UCI STE-209          | 127         | 0,92 | 123,1         | 0,97 |
| NEONATOLOGIA STE-402 | 127         | 0,92 | 123,9         | 0,98 |

FUENTE: Etap 12.6

Se aprecia en la tabla 22 que los parámetros eléctricos como el voltaje y el factor de potencia no tiene una variación alta, excepto el tablero ste-208 que se necesita realizar una compensación del factor de potencia, los reportes de la simulación se encuentran en el anexo 17.

## 2.7 VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS

### 2.7.1 Planteamiento de la hipótesis

Para la realización del presente trabajo de investigación se planteó la siguiente hipótesis.

¿El análisis de la demanda eléctrica permitirá evaluar los índices de calidad de energía del sistema eléctrico del Hospital Del Instituto Ecuatoriano De Seguridad Social (IESS)?

### 2.7.2 Verificación

Mediante el análisis de la demanda eléctrica aplicado al Instituto Ecuatoriano De Seguridad Social IESS de Ambato se obtuvo los resultados del transformador general con una variación del nivel de voltaje de 2.9% es menor al 8% permitido en zonas urbanas, el THDv de 1.10% es menor al 8%, el Pst de 0.48 es menor a 1 y el factor de potencia de 0.96 mayor al 0.92 que es el valor mínimo permitido, los parámetros medidos se encuentra dentro de los índices establecidos por la

regulación ARCONEL-CONELEC 004/01, a excepción del THDi es de 9.57% excediendo el 8% permitido por la norma IEEE 519-2014 pero el tiempo de prolongación es corto; confirman dicha interrogante presentándose una respuesta favorable en base a los datos tabulados de las mediciones y simulación realizada, siendo viable la elaboración del presente proyecto.

## **CAPITULO III**

### **3 MEJORAMIENTOS DE LOS PARÁMETROS ELÉCTRICOS MEDIANTE EL USO DE CAPACITORES Y FILTROS PASIVOS A LAS ZONAS CRÍTICAS DEL SISTEMA ELÉCTRICO DEL HOSPITAL IESS AMBATO.**

#### **3.1 Presentación de la propuesta**

La electricidad es importante para el crecimiento de la sociedad como el avance de la tecnología, en los hospitales es vital el suministro eléctrico debido que ofrece asistencia médica, se requieren para los aparatos médicos que monitorean al paciente. El uso de aparatos médicos que funcionan con elementos electrónicos contamina la red y producen baja calidad de energía, si no se realizan correcciones, esto afecta al resto de equipos que se encuentren conectados en la red.

Con las mediciones realizadas al sistema eléctrico del Hospital IESS y mediante el histograma de frecuencias se obtuvo los índices de calidad más frecuentes del sistema, se determinó que una parte de las instalaciones labora con parámetros fuera de lo permitido, por tal motivo se propondrá alternativas que mejoren los índices de la calidad de energía.

#### **3.2 Justificación**

El motivo del presente trabajo de investigación es el de diagnosticar los parámetros eléctricos al Hospital IESS de Ambato con los que está laborando actualmente para comparar con la normativa vigente y proponer correcciones que permitan laborar con mejores parámetros eléctricos.

Los valores obtenidos en el presente estudio y los cambios propuestos al sistema eléctrico del Hospital IESS de Ambato ayudará a mejorar los parámetros de acuerdo a la Regulación No. CONELEC 004/01 (actualmente ARCONEL), y a la norma IEEE 519-2014 que corresponde únicamente a los índices de THDi.

Según 2008 SCHNEIDER electric (2008) en su trabajo de “Mejoramiento del factor de potencia y filtrado de armónicos” da a conocer que “el factor de potencia se debe mejorar para la optimización técnica y económica, con la reducción en el coste de la electricidad y la reducción de las pérdidas (kW) en los cables con las caídas de voltaje. El transformador cumple con todos los índices establecidos en la normativa y las acciones correctivas se realizarán en los tableros afectados, motivo por el cual no se busca la reducción del coste de la electricidad”.

Según la norma IEEE 519 1992 (2008, Sección 6.4), el flujo de una corriente no sinusoidal en un conductor causará un calentamiento adicional por encima de lo que se esperaría para el valor rms de la forma de onda, esto es debido a los fenómenos conocidos como el “efecto piel” y “efecto proximidad” que varían en función de la frecuencia y de tamaño del conductor, en especial para largos conductores el aumento de la resistencia se incrementa las pérdidas  $I^2R$ .

La implementación del primer punto de la propuesta planteada en el presente estudio permitirá mejorar las áreas críticas encontradas con el levantamiento de información aplicado, mediante el reajuste de tableros y aumento de calibres para conductores sobrecargados en partes esenciales del sistema eléctrico del IESS.

La implementación del segundo punto de la propuesta permitirá mejorar el bajo factor de potencia con la compensación de potencia reactiva necesaria en los subtableros eléctricos que se encuentren fuera de los límites permitidos.

La implementación del tercer punto de la propuesta permitirá mejorar el confort del personal médico que labora con equipos que contaminan la red eléctrica (carga no lineal), se realizará mediante mejora de la onda senoidal de corriente con la

aplicación de filtros pasivos, para evitar el funcionamiento erróneo de los equipos conectados y utilizados por las diferentes áreas del hospital siendo quirófanos uno del porcentaje más elevados en armónicos.

Las propuestas de solución planteadas en el presente trabajo de investigación son factibles porque su implementación es técnica y económicamente viable al ser cambios en áreas estratégicas y necesarias que propone mejorar el sistema eléctrico para el desempeño de los equipos utilizados por el personal inmerso que labora en el hospital.

### **3.3 Objetivo de la propuesta**

#### **3.3.1 General**

- Proponer mecanismos de mejora de los parámetros eléctricos en las zonas críticas del Hospital IESS de Ambato con la ayuda de las mediciones y recopilación de información realizada para lograr una mayor aproximación a los índices de calidad establecidos en la normativa vigente que permita un servicio eléctrico óptimo al consumo de equipos sensibles.

#### **3.3.2 Específicos**

- Simular la potencia del sistema eléctrico del hospital IESS de Ambato con los datos recopilados, en el software ETAP 12.6.0 para diagnosticar el funcionamiento que mostrará zonas críticas.
- Evaluar el sistema eléctrico del hospital con los índices de calidad de producto expuestos en la regulación 004/01 para identificar las áreas que se encuentran fuera de la regulación.
- Plantear mecanismos adecuados para mejorar los índices de calidad en las áreas que se encuentren fuera los límites establecidos que presenta el Hospital del Instituto Ecuatoriano De Seguridad Social IESS De Ambato.

### **3.4 Alcance**

El presente estudio comprende al sistema eléctrico de bajo voltaje desde el transformador general hasta los subtableros que suministra de energía eléctrica a las instalaciones del hospital IESS de Ambato, ubicado en la Av. Rodrigo Pachano 10-76 y Edmundo Martínez.

### **3.5 Análisis de factibilidad**

La presente propuesta reúne todas las condiciones para que se lleve a cabo y se resume en los aspectos administrativos, técnicos y operacional, el desarrollo del presente trabajo de investigativo servirá como un punto de partida para:

- Comprender el funcionamiento y los problemas que se presentan en el sistema eléctrico.
- El estudio será un punto de partida para el análisis de la demanda del sistema eléctrico del hospital IESS.

#### **3.5.1 Aspecto técnico**

En el presente capítulo brinda soluciones técnicas, una vez implementadas mostrarán resultados positivos, con el desempeño más eficiente y continuo del sistema eléctrico del Hospital IESS de Ambato evitando contratiempos al personal médico y mejorando la atención al paciente.

Confirmados los resultados obtenidos por la implementación de las soluciones técnicas propuestas, el personal técnico de mantenimiento puede replicar la propuesta hacia otros hospitales y establecimientos de salud que presenten problemas similares.

### **3.5.2 Aspecto administrativo**

El personal del área de mantenimiento del Hospital IESS de Ambato tiene conocimiento de los problemas presentados con el funcionamiento del sistema eléctrico actual produciendo daños en equipos utilizados por el personal médico.

El personal del área de mantenimiento del Hospital IESS de Ambato junto con el personal médico conoce la importancia de la continuidad de suministro de energía con parámetros eléctricos de calidad.

La Empresa Eléctrica Ambato (EEASA) de la provincia de Tungurahua cumple con eficiencia el suministro de energía eléctrica al hospital IESS cumpliendo con la regulación ARCONEL-CONELEC 004/01 de calidad de servicio, por tal motivo no realiza ninguna acción correctiva con respecto a los problemas presentados dentro del sistema de bajo voltaje.

### **3.5.3 Aspecto operacional**

Algunas de las propuestas planteadas deben ser corregidas de inmediato en las modificaciones realizadas anteriormente en el hospital que pueden provocar incidentes inesperados al personal que labora en sus instalaciones, los cambios planteados no serán rechazados por el personal técnico porque garantiza la continuidad del suministro eléctrico en las instalaciones.

### **3.5.4 Fundamentación legal**

El desarrollo del presente estudio se realizó en beneficio de la institución de salud como es el Hospital de Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social de Ambato que brinda servicio de atención médica a la ciudadanía, y el suministro de energía eléctrica en el Ecuador está garantizada por normativa vigente por tal motivo fue necesario conocer los aspectos legales que justifican su ejecución, como son las siguientes: En la Constitución Política Del Ecuador actualizada en el 2008

menciona artículos que hace regencia al derecho de calidad de servicio, se mencionan a continuación:

En el artículo **Art. 375**, inciso 6 da a conocer que “El Estado, en todos sus niveles de gobierno, garantizará el derecho al hábitat y a la vivienda digna, para lo cual: Garantizará la dotación ininterrumpida de los servicios públicos de agua potable y electricidad a las escuelas y hospitales públicos”.

En el artículo **Art. 314**, da a conocer que “El Estado será responsable de la provisión de los servicios públicos de agua potable y de riego, saneamiento, energía eléctrica, telecomunicaciones, vialidad, infraestructuras portuarias y aeroportuarias, y los demás que determine la ley”.

**Art. 11, inciso 9** da a conocer que “El Estado, sus delegatarios, concesionarios y toda persona que actúe en ejercicio de una potestad pública, estarán obligados a reparar las violaciones a los derechos de los particulares por la falta o deficiencia en la prestación de los servicios públicos, o por las acciones u omisiones de sus funcionarias y funcionarios, y empleadas y empleados públicos en el desempeño de sus cargos.

En las leyes y regulaciones emitidas por la Agencia de Regulación y Control de Electricidad (ARCONEL) que es actualmente el ente regulador del Ecuador da a conocer en el Reglamento de concesiones, permisos y licencias para la prestación del servicio de energía eléctrica menciona que:

En el **Art. 7** referente a las Obligaciones del consumidor menciona que “El consumidor cumplirá con las obligaciones que se establezcan en el contrato de suministro de energía suscrito con el distribuidor y las disposiciones establecidas en la Constitución Política de la República, la Ley Orgánica de Defensa del Consumidor, la Ley de Régimen del Sector Eléctrico, su Reglamento General, este reglamento y demás normas relacionadas con el servicio”.



En el **Artículo 77** referente a las Obligaciones de las empresas distribuidoras, inciso b) que da a conocer que “El contrato de concesión incluirá los indicadores y los niveles para determinar el grado de cumplimiento por parte del distribuidor en la prestación del servicio al que contractualmente está obligado a prestar, bajo las condiciones de calidad y confiabilidad establecidas. Dichos índices deberán ser verificados por CONELEC a fin de asegurar la calidad del servicio, o en su caso, imponer sanciones de conformidad con lo establecido en este reglamento y en el contrato de concesión”.

La regulación **CONELEC 004/01** referente a la calidad de servicio manifiesta que: “la calidad del servicio se medirá considerando la calidad del producto en los siguientes aspectos: a) Nivel de voltaje, b) perturbaciones de voltaje, y c) Factor de potencia”. En el estudio se aplica los índices emitidos por la regulación.

**En Ley Orgánica Del Servicio Público De Energía Eléctrica se menciona:**

En el segundo objetivo específico “Proveer a los consumidores o usuarios finales un servicio público de energía eléctrica de alta calidad, confiabilidad y seguridad; así como el servicio de alumbrado público general que lo requieran según la regulación específica”.

En el **Artículo 4**, referente a los Derechos de los consumidores o usuarios finales, inciso 1 “Recibir el servicio público de energía eléctrica acorde con los principios constitucionales de eficiencia, responsabilidad, continuidad, calidad y precio Equitativo”.

**En la ley orgánica de defensa del consumidor se menciona:**

En el **Art. 4**, Referente a los derechos del consumidor. - Son derechos fundamentales del consumidor, a más de los establecidos en la Constitución Política de la República, tratados o convenios internacionales, legislación interna, principios

generales del derecho y costumbre mercantil, los siguientes.” Y en el inciso 3 “Derecho a recibir servicios básicos de óptima calidad”.

### **3.6 Desarrollo de la propuesta**

La presente propuesta está conformada por tres puntos fundamentales que se describe a continuación: Cambio de fusible NH del transformador general, reajuste de tableros, y aumento del calibre para conductores sobrecargados en partes esenciales del sistema eléctrico del Hospital IESS; Compensación de potencia reactiva en tableros eléctricos que no presenten contaminación armónica; Compensación de potencia reactiva en tableros eléctricos que presenten contaminación armónica que se encuentren fuera de los límites permitidos del Hospital Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social de Ambato.

#### **3.6.1 Cambio de fusible NH del transformador general, reajuste de tableros y aumento de calibres para conductores sobrecargados en partes esenciales del sistema eléctrico del Hospital IESS**

Con el levantamiento de información realizada a cada parte que conforma el sistema eléctrico del Hospital IESS de Ambato, se procedió a la toma de mediciones con el analizador de red Fluke 1735 empezando por cada subtablero de cada piso del hospital, se encontró algunos tornillos flojos en los conductores que alimentan al subtablero, también se apreció la sobrecarga de conductores en ramales importantes como el conductor que se modificó desde el transformador general hasta el puente que conecta a la barra para alimentar a los tableros generales, también en el puente realizado entre los tableros generales de emergencia y normal se aprecia la sobrecarga del conductor.

En la tabla 23 se describe las partes críticas del sistema eléctrico, como el fusible del transformador general NH con una capacidad de interrupción de 800A se encuentra sobrecargado a 128% de su valor nominal es decir que en horas de máxima carga está soportando una corriente de 1028A, esto es un problema

relevante para el hospital, ya que el suministro de energía puede cortarse inesperadamente por operar con fusibles sobrecargados.

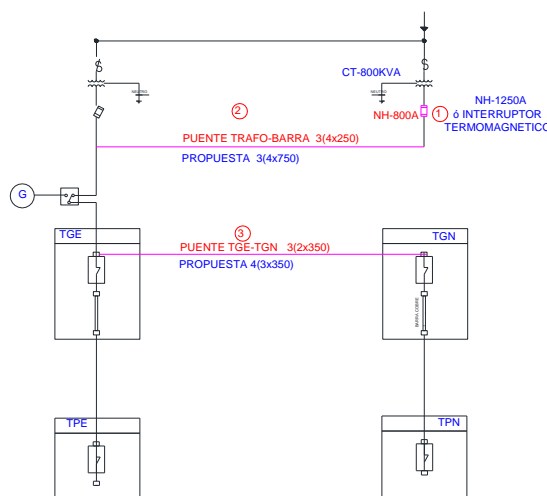
El tramo modificado del transformador general realizado con conductor calibre TTU 250AWG cuatro por fase, con una cargabilidad en operación normal de 767A se encuentra sobrecargado al 134%, con una corriente de 1028A excediendo 261A También se observó calentamiento del conductor en el puente realizado entre la barra del tablero general al tablero normal (no generado), el puente se realizó con conductor TTU 350 AWG con una capacidad 449A y se encuentra operando al 125% es decir soporta una corriente de 562A.

**TABLA 23 PARTES CRICAS DEL SISTEMA ELECTRICO**

| NOMBRE   | Tipo  | Condi<br>ción  | Clase/<br>Límite | Unidad | Operativ<br>a A | Operativ<br>a B | Operativ<br>a C | %Op.<br>A | %Op.<br>B | %Op.<br>C |
|--|-------|----------------|------------------|--------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------|-----------|-----------|
| 1.- FUSIBLE<br>TRASFORMADOR<br>NORMAL          | Fuse  | Sobre<br>carga | 800              | Amp.   | 1.082,9         | 1.013,8         | 1.047,1         | 135,3     | 126,7     | 130,8     |
| 2.- PUENTE<br>ENTRE CT-<br>TABLERO<br>3(4x250) | Cable | Sobre<br>carga | 766,96           | Amp.   | 1.082,9         | 1.013,8         | 1.047,1         | 141,1     | 132,1     | 136,5     |
| 3.- PUENTE<br>ENTRE TGN Y<br>TGE 3(2x350)      | Cable | Sobre<br>carga | 449,41           | Amp.   | 591,7           | 537,7           | 602,5           | 131,6     | 119,6     | 134,1     |

FUENTE: Etap

**FIGURA 16 DIAGRAMA UNIFILAR DEL HOSPITAL IESS DE AMBATO,  
CONDUCTORES SOBRECARGADOS**



FUENTE: Los postulantes

### 3.6.1.1 Cambio del fusible NH de bajo voltaje del transformador general

En la fig. 16 se aprecia el fusible NH de 800A sobrecargado en el número 1, excedido el 28% de su valor nominal y provocando deterioro de los conductores, se propone dos alternativas descritas a continuación:

- a) Cambiar por otro NH Siemens de 1250A.
- b) CAMBIAR por el NH actual por un interruptor termomagnético.

#### a) Cambiar por otro NH Siemens de 1250A.

El fusible tipo NH 800 A número 1 de la fig. 16 se ha propuesto cambiar por un NH de 1250A con una sobrecarga de 50% soporta hasta 1875A operando con normalidad en las horas de máxima demanda, protegiendo los conductores y evitando que todo el sistema se quede sin suministro eléctrico de manera inesperado.

Según la norma **EN-UNE 20460**, fija dos condiciones para proteger las canalizaciones eléctricas de las sobrecargas utilizando dispositivos de protección como los fusibles y los termomagnéticos.

Condiciones:

$$a) I_C \leq I_N \leq I_Z \quad \text{Ecuación 35 (3.6.1.1)}$$

$$b) I_S \leq 1,45 * I_Z \quad \text{Ecuación 36 (3.6.1.1)}$$

Donde:

$I_C$  =Intensidad de carga, A

$I_N$  = Intensidad nominal del fusible NH, A

$I_Z$ =Intensidad de admisible de los conductores, A

$I_S$  = Intensidad de sobrecarga en A, producto de  $C_{ff} * I_N$

$C_{ff}$  =Capacidad de fisión del fusible.

Para el planteamiento de la propuesta de cambiar el NH se aplican los siguientes parámetros:

$I_C$  = El transformador opera a 399kVA de los 800kVA totales con una corriente de 1047A.

$I_N$  = 1250A.

$I_Z$  = haz de 4 conductores 750MCM da una capacidad de 1392 A.

$I_S$  =  $1,5 \cdot 1250A = 1875A$ .

Con los parámetros obtenidos de las características constructivas del fusible NH y de los conductores que se conectarán en el lado de bajo voltaje del transformador, se observa que se cumple las condiciones de la norma EN-UNE 20460. De las ecuaciones 13 y 14 (3.6.1.1).

Condiciones:

$$a) 1138A \leq 1250A \leq 1392A$$

$$b) 1875A \leq 2019A$$

Adicionalmente en el Anexo 18 se muestra las curvas de las protecciones del fusible NH y los tableros eléctricos generales, principales del hospital.

**b) Cambiar por el NH actual por un interruptor termomagnético.**

Una alternativa para el cambio de fusible tipo NH 800A número 1 de la fig. 16 que se encuentra sobrecargado es cambiar por un interruptor termomagnético.

Para la coordinación del interruptor termomagnético se realizó con las curvas características de cada interruptor instalado en los tableros generales y principales del hospital. Con el levantamiento de carga realizado se conoció que los interruptores termomagnéticos de los tableros generales (TG) con capacidad de funcionamiento de 2000A se encuentra funcionando al 70% es decir que esta

calibrado a una corriente de 1400A y los tableros principales (TP) con las mismas características están funcionando al 50%, es decir que están calibrados a 1000A.

Las marcas de los equipos de protección existente son Westinghouse, estos equipos actualmente ya no se encuentran en el mercado eléctrico, por tal motivo se procedió a buscar un interruptor termomagnético con características similares para que en la coordinación no exista problemas.

Una de las marcas comerciales que más se asemejaban a las características de Westinghouse es la marca de Square D - Schneider Electric con el interruptor termomagnético denominado “2500 A FRAME STANDARD FUNCTION PX 2500 A LSI” con las características de unidad de disparo con la activación de tiempo largo ajustable y retardo; activación de tiempo corto y el retraso; activación instantánea y fuera instantáneo.

Se propone modificar a los interruptores termomagnéticos de los tableros generales (TG) que operen al 45% es decir a 900A a los tableros principales (TP) que operen al 30% es decir a 600A y la implementación del interruptor termomagnético.

Adicionalmente en el Anexo 18 se muestra las curvas de las protecciones propuesta del interruptor termomagnético con los tableros eléctricos generales, principales del hospital.

El uso del interruptor termomagnético ayuda al hospital en momentos de corte de energía por alguna falla, a que el suministro eléctrico se restaure con el menor tiempo posible, caso contrario que sucede con los fusibles NH y en ocasiones no se encuentra con las características adecuadas.

### **3.6.1.2 Cambio de los conductores de bajo voltaje del puente entre el transformador y la barra.**

En la fig. 16 se aprecia el cable sobrecargado en el número 2, se propone cambiar los 4 conductores 250AWG existentes, con 4 conductores 750MCM por fase

mejorando la capacidad de corriente a 1392A, que en horas de máxima carga la corriente demanda es de 1028A, con el cambio realizado puede soportar el paso de la corriente sin sobrecargar a los conductores evitando el calentamiento.

### 3.6.1.3 Aumento de 2 conductores en el puente entre el tablero general emergencia (TGE) y tablero general normal (TGN) formando 4 conductores 350MCM por fases.

El puente entre el tablero general de emergencia (TGE) y tablero general normal (TGN) de la fig. 16 correspondiente al número 3, se ha propuesto aumentar dos conductores más del mismo calibre formando cuatro conductores por fase con una cargabilidad de 900A, suficiente para soportar la corriente demanda en horas de máxima carga que son de 562A.

La propuesta tiene una visión de asegurar el correcto funcionamiento del sistema logrando soportar el incremento de carga del hospital aumente y sea necesario de volver a separar cada tablero con el respectivo transformador.

### 3.6.1.4 Presupuesto

TABLA 24 PRESUPUESTO DE LA IMPLEMENTACION PUNTO UNO DE LA PROPUESTA

| MATERIAL                      | UNIDAD | CANTIDAD | P. UNITARIO | P. Total \$    |
|-------------------------------|--------|----------|-------------|----------------|
| fusible NH 1250a gl           | c/u    | 3        | 457,7       | 1373,10        |
| Cable 750MCM superflex 600V   | m      | 64       | 72,5        | 4640,00        |
| Cable 350MCM 600V             | m      | 6        | 27,15       | 162,90         |
| Terminal talón para cable 750 | c/u    | 24       | 36,5        | 876,00         |
| Terminal talón para cable 350 | c/u    | 8        | 9,5         | 76,00          |
| SUBTOTAL                      |        |          |             | 7128,00        |
| IVA                           |        |          |             | 855,36         |
| TOTAL \$ PRESUPUESTO          |        |          |             | <b>7983,36</b> |
| Alternativa (a)               |        |          |             | 1              |

FUENTE: Los postulantes

En la tabla 24 se describe el presupuesto del primer punto CON LA ALTERNATIVA a) de la propuesta es de **siete mil novecientos ochenta y tres con 36/100 dólares americanos.**

TABLA 25 PRESUPUESTO DE LA IMPLEMENTACION PUNTO UNO DE LA PROPUESTA

| MATERIAL                                  | UNIDAD | CANTIDAD | P. UNITARIO | P. Total \$      |
|---|--------|----------|-------------|------------------|
| Interruptor termomagnético y accesorios   | c/u    | 3        | 457,7       | 18.500,00        |
| Cable 750MCM superflex 600V               | m      | 64       | 72,5        | 4.640,00         |
| Cable 350MCM 600V                         | m      | 6        | 27,15       | 162,90           |
| Terminal talón para cable 750             | c/u    | 24       | 36,5        | 876,00           |
| Terminal talón para cable 350             | c/u    | 8        | 9,5         | 76,00            |
| SUBTOTAL                                  |        |          |             | 24.254,90        |
| IVA                                       |        |          |             | 2.910,59         |
| TOTAL \$ PRESUPUESTO<br>1 alternativa (b) |        |          |             | <b>27.165,49</b> |

FUENTE: Los postulantes

En la tabla 25 se describe el presupuesto del primer punto CON LA ALTERNATIVA b) de la propuesta es de **veintisiete mil cientos sesenta y cinco con 49/100 dólares americanos, el monto incluye instrumentos y materiales, la inversión se realiza para garantizar la continuidad de servicio eléctrico en el hospital por tratarse del transformador general que es el elemento principal de la instalación.**

Para la elaboración de la presenta propuesta se decidió optar por la alternativa (b)

### 3.6.2 Compensación de potencia reactiva en tableros eléctricos que no presenten contaminación armónica

En la simulación del sistema eléctrico se apreció un bajo factor de potencia en el subtableros nombrado STN-AA2 correspondiente a aire acondicionado número 2, y al nuevo tablero eléctrico creado para controlar los equipos de aires



aconicionados incrementados por el crecimiento del hospital denominado STN-NUEVO AA, los valores están por alrededor de 0,86.

### 3.6.2.1 Calculo para mejorar el bajo factor de potencia.

Para el cálculo del capacitor lo realiza mediante la siguiente ecuación 10 y 11 (1.2.7.2.6).

$$Q_c = Q_1 - Q_2 = P(\operatorname{tg}\phi_1 - \operatorname{tg}\phi_2)$$

$$I = \frac{P}{V\sqrt{3} * \operatorname{COS} \phi}$$

Donde:

P= Es la potencia activa en W.

$\phi_1, \phi_2$ = Ángulo de desfase antes y después de la corrección.

Q1, Q2= potencia reactiva antes y después de la corrección en VAr.

Qc, = Potencia reactiva de corrección en VAr.

I= Corriente en amperios, A

V= Voltaje nominal en voltios, V.

El cálculo de la potencia reactiva necesaria, el factor de potencia promedio del subtablero  $Q_{c_{STN-NUEVO AA}}$  es de 0,86 y se desea mejorar a 0,95.

Valores equivalentes del ángulo del factor de potencia para el cálculo necesario.

$$\cos(0,857)^{-1} = 31,02^\circ \quad ; \quad \operatorname{tg} 31,02^\circ = 0,601$$

$$\operatorname{Cos}(0,95)^{-1} = 18,19^\circ \quad ; \quad \operatorname{tg} 18,19^\circ = 0,329$$

Con la ecuación 11 (3.6.2.1) se comparan la corriente que circula por el conductor antes y después de la mejora del Fp.

$$I_1 = \frac{22,166kW}{\sqrt{3} * 220V * 0,857} = 67,8A$$

$$I_2 = \frac{22,166kW}{\sqrt{3} * 220V * 0,95} = 61,2A$$

La diferencia de la corriente que se reduce es de 6,6A que es el 9,73% por cada fase.

$$Q_{C_{STN-NUEVO AA}} = 22,166kW * (0,602 - 0,329) = 6043kVAr$$

Con las ecuaciones 13 (1.2.7.2.6) y 14 (1.2.7.2.6) se obtiene la reactancia y capacidad del capacitor que son parámetros necesarios a conocer.

$$X_c = \frac{220V^2}{6043kVAr} = 8,01\Omega$$

$$C = \frac{1}{2\pi * 60 * 8,01} = 331,18\mu F$$

Para el cálculo del capacitor de los demás subtableros se procede a realizar el mismo proceso anterior, los valores de las potencias necesarias se encuentran en el anexo 16 que es simulación en el Etap 12.6.0, o en los reportes del anexo 17

Los datos necesarios se describen en el resumen de la tabla 26, indica el factor de potencia inicial, las potencias reactivas del capacitor, impedancia capacitiva y capacidad del condensador, el valor mínimo requerido por el ARCONEL- CONELEC es de 0,92 pero se desea mejora a un factor de potencia de 0,95 a todos los subtableros descritos a continuación.

TABLA 26 RESUMEN DE LOS CAPACITORES A IMPLEMENTARSE

| Subtableros  | COS Ø1 | I1 (A) | I2 (A) | Qc (VAr) | Xc (Ω) | C (μF) |
|--------------|--------|--------|--------|----------|--------|--------|
| STN-NUEVO AA | 0,857  | 67,8   | 61,2   | 6021     | 8,01   | 330    |
| STN-AA2      | 0,868  | 27,5   | 24,6   | 2190     | 22,10  | 120    |

FUENTE: Los postulantes

En la simulación del anexo 18 se visualiza los subtableros con los respectivos condensadores y el factor de potencia obteniendo un mejoramiento en las partes afectadas.

**TABLA 27 PARÁMETROS ELÉCTRICOS ANTES Y DESPUÉS DE LA COMPENSACIÓN**

| Subtablero   | Sin compensación |       |       | Con compensación |      |       |
|--------------|------------------|-------|-------|------------------|------|-------|
|              | Voltaje (v)      | fp    | I (A) | Voltaje (v)      | fp   | I (A) |
| STN-NUEVO AA | 122,4            | 0,861 | 69,5  | 123,73           | 94,8 | 63,1  |
| STN-AA2      | 123,2            | 0,868 | 27,5  | 123,4            | 94,7 | 25,2  |

**FUENTE:** Los postulantes

La tabla 27 da a conocer los valores antes y después de la compensación apreciando que los datos cálculos se asemejan a los simulados.

Los reportes de la simulación del sistema eléctrico del hospital realizados en el ETAP 12.6.0 aplicado las acciones correctivas se encuentran en el anexo 19.

### 3.6.2.2 Presupuesto.

**TABLA 28 PRESUPUESTO IMPLEMENTACION PUNTO 2 DE LA PROPUESTA**

| N°                                | DESCRIPCION                   | UNIDADES | TOTAL | P.U. | PRECIO.T       |
|-----------------------------------|-------------------------------|----------|-------|------|----------------|
| 1                                 | Capacitor de n $\mu$ F        | c/u      | 15    | 6,58 | 98,7           |
| 2                                 | Gabinete de 20*30*15 cm       | c/u      | 2     | 23   | 46             |
| 3                                 | Contactador                   | c/u      | 6     | 21   | 126            |
| 4                                 | Regulador de energía reactiva | c/u      | 2     | 450  | 900            |
| 5                                 | Conductor de cobre # 8 AWG    | m        | 20    | 0,8  | 16             |
| 6                                 | Rioldin de 1000 mm            | c/u      | 2     | 1,5  | 2              |
| 7                                 | Terminales tipo U # 8         | c/u      | 60    | 0,45 | 2              |
| SUBTOTAL                          |                               |          |       |      | 1190,7         |
| IVA                               |                               |          |       |      | 142,88         |
| <b>TOTAL \$ PROPUESTA PUNTO 2</b> |                               |          |       |      | <b>1333,58</b> |

**FUENTE:** Los postulantes

El presupuesto de la tabla 28 del punto dos de la propuesta es de **mil trescientos treinta y tres con 58/100 dólares americanos** el monto incluye instrumentos y materiales, la inversión se realiza para garantizar mejorar la cargabilidad de los conductores y reducir los reactivos que inyectan al sistema eléctrico.

### **3.6.3 Compensación de potencia reactiva en tableros eléctricos que presenten contaminación armónica y se encuentren fuera de los límites permitidos del Hospital Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social de Ambato.**

En la tabla 29 se describe los tableros eléctricos que poseen un bajo factor de potencia y un alto contenido de armónicas de corriente, por tal motivo no se puede instalar únicamente el banco de capacitores, es necesario instalar un filtro armónico sintonizando a la armónica que más interferencia hace al sistema.

**TABLA 29 TABLEROS ELÉCTRICOS CONMINADOS CON ARMÓNICAS**

| <b>TABLERO</b>   | <b>LUGAR</b> | <b>THDi %</b> |
|------------------|--------------|---------------|
| STE-208          | Quirófanos   | 42            |
| STN-1001!        | Ascensores   | 42            |
| STN-1001!!!      | Ascensores   | 42            |
| STN RX-1         | Rayos X      | 42            |
| NUEVO LAVANDERIA | Lavandería   | 77            |
| STE-206          | Quirófanos   | 36,29         |
| STN-001          | Ascensores   | 28,39         |

**FUENTE:** Fluke 1735.

La potencia reactiva necesaria para compensar se calcula con las ecuaciones 10 (1.2.7.2.6) y con la  $Q_c$  calculada se procede a sintonizar a la frecuencia de la armónica de mayor influencia, se realiza con las ecuaciones 12 al 17 (1.2.7.2.6), finalmente se comprueba que el filtro cumpla ciertas condiciones establecidas por la norma IEEE-18-2002.

Se realizará el cálculo paso a paso para el tablero de ascensores denominado STN-1001!!!, el cálculo es modelo para los demás tableros eléctricos.

La potencia reactiva para compensar el factor de potencia  $Q_c=3,435\text{kVAr}$  las características del filtro se diseñan para la 5ta armónica y se reduce un 6% de la frecuencia calculada para evitar la resonancia, los parámetros del filtro se calculan a continuación:

$$X_{eff} = \frac{220V^2}{3435VAr} = 14,09\Omega$$

$$X_C = \frac{4,7^2}{4,7^2 - 1} * 14,09\Omega = 14,76\Omega$$

$$C = \frac{1}{2\pi * 60 * 14,76\Omega} = 179,73\mu F$$

$$X_L = \frac{14,76\Omega}{4,7^2} = 0,668\Omega$$

$$L = \frac{0,668\Omega}{2\pi * 60} = 1,77\text{mH}$$

$$Q_f = 20$$

$$R = \frac{0,668\Omega * 4,7}{20} = 5,2\Omega$$

Las condiciones establecidas que se debe cumplir se calcula con las ecuaciones 17 al 31 (1.2.7.2.6):

1) *Impedancias iguales*  $\frac{14,76\Omega}{4,7} = 0,668\Omega * 4,7$

$$3,14\Omega = 3,14\Omega$$

2) *% margen de corriente*  $= \frac{9,47A}{9,01A} * 100 \leq 135\%$

$$105\% \leq 135\%$$

$$3) \quad \% \text{ Margen de voltaje pico} = \frac{210V}{179V} * 100 \leq 120\%$$

$$117\% \leq 120\%$$

$$4) \quad \% \text{ Margen de voltaje rms} = \frac{133V}{127V} * 100 \leq 110\%$$

$$104\% \leq 110\%$$

$$5) \quad \% \text{ margen de VA} = \frac{3614VAr}{3435VAr} * 100 \leq 135\%$$

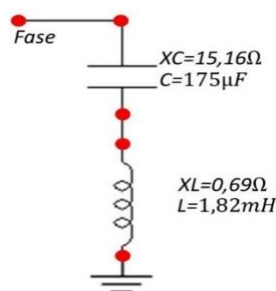
$$105\% \leq 135\%$$

$$6) \quad \text{Calentamiento del dieléctrico} \left| \sum_h (V_h * I_h) \right| \leq 1,35 * Q_{3\phi \text{ recalculada}}$$

$$36739VAr \leq 4879VAr$$

Finalmente, el filtro resultante estará formado por un banco de capacitores trifásico de 3435VAr conectado en estrella y reactores de 0,668 Ω (1,77mH) por fase, los valores están diseñados especialmente para filtrar la 3ra armónica, pero se debe encontrar en el mercado capacitores estandarizados que se acerquen al valor calculado, por tal motivo el filtro con las características estandarizado es el de la fig. 17

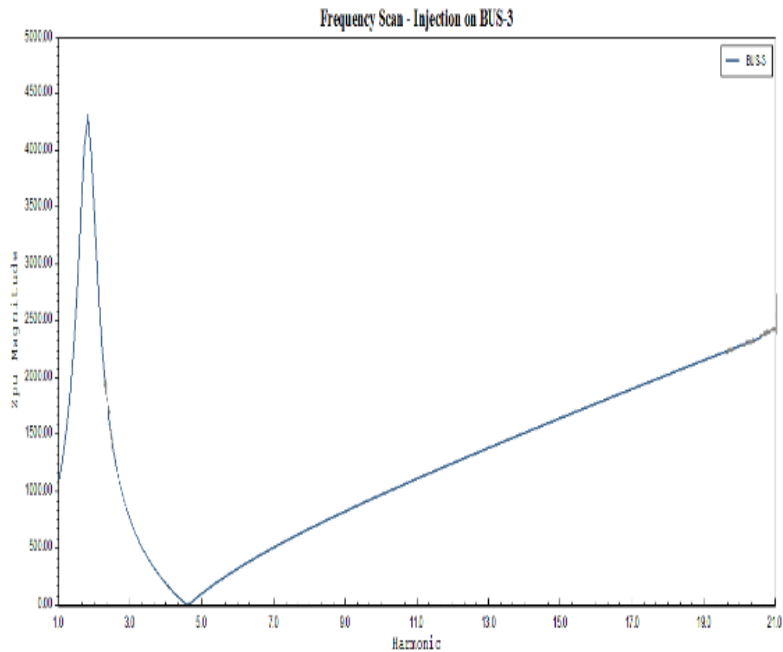
FIGURA 17 PARÁMETROS DEL FILTRO ARMÓNICO PROPUESTO



FUENTE: Los postulantes

La fig. 18 muestra el comportamiento del filtro propuesto a instalarse en el Subtablero STN-1001!!! Sincronizado a la 5ta armónica.

FIGURA 18 COMPORTAMIENTO DEL FILTRO EN EL SISTEMA.



FUENTE: EasyPower

Se aprecia claramente en la gráfica que no está completamente en la 5ta armónica, esto se debe a que el filtro se sincronizo 6% menos de la frecuencia para que no entre en resonancia con el sistema y que no produzca daños.

La tabla 30 describe los valores de las armónicas THDi total e identificada por cada componente, se aprecia la armónica 5 que es el valor más alto de 25,49.

También se describe los valores compensados con los valores de los cálculos realizados y con los materiales estándares que se encuentran en el mercado.

TABLA 30 PORCENTAJE DE ARMÓNICAS REDUCIDAS CON LA COMPENSACIÓN DEL FILTRO EN EL SUBTABLERO STN-1001!!!

| LIMITES DE ARMONICOS DE CORRIENTE IEEE-519 2014 |       | ARMONICOS MEDIDOS | COMPENSADOS VALORES CALCULADOS | COMPENSADOS VALORES ESTANADAR |
|---|-------|-------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| ORDEN (n) DE LA ARMONICA Y THDA                 | 20<50 | TOTAL %           | TOTAL %                        | TOTAL %                       |
| 3≤h<11  |       |                   |                                |                               |
| 3   | 7     | 11,69             | 6,687                          | 6,906                         |
| 5   | 7     | 25,49             | 2,174                          | 2,267                         |
| 7   | 7     | 15,14             | 6,065                          | 6,24                          |
| 9   | 7     | 1,36              | 0,884                          | 0,908                         |
| 11≤h<17   |       |                   |                                |                               |
| 11  | 3,5   | 3,35              | 2,928                          | 3,005                         |
| 13  | 3,5   | 2,57              | 2,79                           | 2,863                         |
| 15  | 3,5   | 0,4               | 0,516                          | 0,53                          |
| 17≤h<23   |       |                   |                                |                               |
| 17  | 2,5   | 2,21              | 3,295                          | 3,379                         |
| 19  | 2,5   | 1,5               | 2,532                          | 2,597                         |
| 21  | 2,5   | 0,4               | 0                              | 0                             |
| 23≤h<35   |       |                   |                                |                               |
| 23  | 1     | 0,88              | 0                              | 0                             |
| 25  | 1     | 1,24              | 0                              | 0                             |
| 27  | 1     | 0                 | 0                              | 0                             |
| 29  | 1     | 0                 | 0                              | 0                             |
| 31  | 1     | 0                 | 0                              | 0                             |
| 33  | 1     | 0                 | 0                              | 0                             |
| 35≤h≤50   |       |                   |                                |                               |
| 35  | 0,5   | 0                 | 0                              | 0                             |
| 37  | 0,5   | 0                 | 0                              | 0                             |
| 39  | 0,5   | 0                 | 0                              | 0                             |
| 41  | 0,5   | 0                 | 0                              | 0                             |
| 43  | 0,5   | 0                 | 0                              | 0                             |
| 45  | 0,5   | 0                 | 0                              | 0                             |
| 47  | 0,5   | 0                 | 0                              | 0                             |
| 49  | 0,5   | 0                 | 0                              | 0                             |
| TDD   | 8     | 42,15             | 3,96                           | 4,09                          |

FUENTE: Los postulantes

Los parámetros de cada filtro armónico calculado y estandarizado se encuentra en la tabla 30, se describen que se encuentran en el mercado y que se acercan al cálculo.



TABLA 31 RESUMEN DE LOS PARAMETROS ESTANDARIZADOS DE LOS FILTROS ARMONICOS PROPUESTOS

| TABLERO             | FILTRO     |        |        |        |        |            |        |         |        |        |
|---------------------|------------|--------|--------|--------|--------|------------|--------|---------|--------|--------|
|                     | CALCULADO  |        |        |        |        | ESTÁNDAR   |        |         |        |        |
|                     | Qc (KVAR ) | Xc (Ω) | C (μF) | XL (Ω) | L (mH) | Qc (KVAR ) | Xc (Ω) | C (μF)  | XL (Ω) | L (mH) |
| STE-208             | 0,532      | 131,46 | 25,52  | 13,07  | 34,68  | 0,52       | 106,10 | 3 x 220 | 13,34  | 35,39  |
| STN-1001!           | 3,07       | 17,72  | 160,74 | 0,75   | 1,98   | 3,25       | 15,60  | 170,00  | 0,71   | 1,87   |
| STN-1001!!!         | 3,43       | 15,85  | 179,74 | 0,67   | 1,77   | 3,34       | 15,16  | 175     | 69     | 1,82   |
| STN RX-1 Y STN RX-2 | 0,351      | 198,9  | 16,86  | 19,78  | 52,46  | 3,13       | 176,84 | 15      | 22,24  | 58,99  |
| NUEVO LAVANDERIA    | 7,547      | 9,28   | 361,64 | 0,92   | 2,45   | 7,304      | 7,58   | 350     | 0,95   | 2,53   |
| STE-206             | 0,5287     | 102,98 | 27,67  | 4,34   | 11,51  | 0,516      | 98,24  | 27      | 4,45   | 11,8   |
| STN-001             | 1,092      | 64,09  | 52,34  | 6,37   | 16,9   | 1,043      | 53,05  | 50      | 6,67   | 17,7   |

FUENTE: Los postulantes

En la tabla 31 se describe el valor de los capacitores, en el mercado no se encuentran directamente con los calculados, es necesario realizar configuración entre capacitores para obtener el valor deseado.

TABLA 32 PORCENTAJE DE ARMÓNICOS THDi PROPUESTOS CON LA APLICACIÓN DE FILTROS

| TABLERO             | Factor de potencia |           | THDi % |           |
|---------------------|--------------------|-----------|--------|-----------|
|                     | Actual             | Corregido | Actual | Corregido |
| STE-208             | 0,87               | 0,95      | 42,15  | 4,14      |
| STN-1001!           | 0,75               | 0,95      | 42,15  | 1,86      |
| STN-1001!!!         | 0,74               | 0,95      | 42,15  | 4,09      |
| STN RX-1 y STN RX-2 | 0,83               | 0,95      | 42,15  | 4,17      |
| NUEVO LAVANDERIA    | 0,79               | 0,95      | 77,07  | 5,71      |
| STE-206             | 0,63               | 0,95      | 36,29  | 1,86      |
| STN-001             | 0,79               | 0,95      | 28,39  | 4,75      |

FUENTE: Los postulantes

La tabla 32 describe los valores de los THDi que están presentes en los subtableros y con la implementación de los filtros propuestos se logrará reducir a un valor aceptable que este dentro de la norma IEEE 519-2014 que debe ser menor al 8%.

### 3.6.3.1 Presupuesto.

TABLA 33 PRESUPUESTO IMPLEMENTACION PUNTO 3 DE LA PROPUESTA

| N°                         | DESCRIPCION                   | UNIDAD | TOTAL | P.U. | TOTAL \$ |
|----------------------------|-------------------------------|--------|-------|------|----------|
| 1                          | Capacitor de n $\mu$ F        | c/u    | 27    | 20   | 600,00   |
| 2                          | Reóstato variable             | c/u    | 21    | 25   | 600,00   |
| 3                          | Inductor de n mH              | c/u    | 21    | 10   | 240,00   |
| 4                          | Gabinete de 20*30*15 cm       | c/u    | 7     | 23   | 184,00   |
| 5                          | Contactador                   | c/u    | 21    | 21   | 504,00   |
| 6                          | Regulador de energía reactiva | c/u    | 7     | 450  | 3.600,00 |
| 7                          | Conductor de cobre # 8 AWG    | m      | 70    | 0,8  | 64,00    |
| 8                          | Rieldin de 1000 mm            | c/u    | 7     | 1,5  | 12,00    |
| 9                          | Terminales tipo U # 8         | c/u    | 210   | 0,45 | 108,00   |
| SUBTOTAL                   |                               |        |       |      | 5.912,00 |
| IVA                        |                               |        |       |      | 709,44   |
| TOTAL \$ PROPUESTA PUNTO 3 |                               |        |       |      | 6.621,44 |

FUENTE: Los postulantes

El presupuesto de la tabla 33 del punto 3 de la propuesta es de **seis mil seiscientos veintiuno con 44/100 dólares americanos**, ayudará a mejorar la cargabilidad de los conductores y reducir la contaminación armónica que se presenta en la red de los subtableros que provoca daños en las partes de los equipos usados por el personal médico que se mencionan a continuación en la tabla 33

TABLA 34 COSTO DE EQUIPOS DAÑADOS DEL HOSPITAL

| CANTIDAD                    | DESCRIPCIÓN                                | USD       |
|-----------------------------|--|-----------|
| 2                           | Fuente de lámparas cieľticas               | 1.000,00  |
| 1                           | Tarjeta electrónica de purificador de agua | 800,00    |
| 1                           | Fuente máquina de diálisis                 | 800,00    |
| 1                           | Tarjeta de Rayos X                         | 4.000,00  |
| 6                           | Fuentes computacionales                    | 50,00     |
| 1                           | Daños en switch computacionales            | 5.000,00  |
| <b>TOTAL DAÑOS EQUIPOS.</b> |  | 11.650,00 |

FUENTE: ing. Jorge Lopez

La implementación del punto tres de la propuesta ayudará a reducir los equipos averiados por la contaminación armónica de la red, los costos de los repuestos de los equipos averiados se aproximan a \$11.650 que se describe en la tabla 34 y con la información compartida por el Ing. Jorge López a cargo del área de mantenimiento.

### 3.7 PRESUPUESTO TOTAL DE LA PROPUESTA

Considerando los análisis de los tres puntos de la propuesta en el presente proyecto. Presupuesto para el reajuste de tableros y aumento de calibres para conductores sobrecargados en partes esenciales del sistema eléctrico (literal 3.6.1), Presupuesto para la compensación de potencia reactiva en tableros eléctricos que no presenten contaminación armónica (literal 3.6.2), y presupuesto para la compensación de potencia reactiva en tableros eléctricos que presenten contaminación armónica del Hospital Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social de Ambato. (literal 3.6.3), se presenta el presupuesto total de la propuesta se describe en la tabla 35.

TABLA 35 PRESUPUESTO TOTAL DE LAS PROPUESTAS

| DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO  | TOTAL \$         |
|---|------------------|
| Cambio de fusible NH del transformador general, reajuste de tableros, y aumento de calibres para conductores sobrecargados en partes esenciales del sistema eléctrico del Hospital IESS | 27.165,49        |
| Presupuesto para la compensación de potencia reactiva en tableros eléctricos que no presenten contaminación armónica  | 1.333,58         |
| Presupuesto para la compensación de potencia reactiva en tableros eléctricos que presenten contaminación armónica.  | 6.621,44         |
| Mano de obra  | 8.780,13         |
| <b>TOTAL, PRESUPUESTO PROPUESTO</b>   | <b>43.900,64</b> |

FUENTE: Los postulantes

Considerando la alternativa b) del punto uno de la propuesta, el propuesta total de la propuesta es de **cuarenta y tres mil novecientos con sesenta y cuatro centavos**, el presupuesto presentado incluye, mano de obra y materiales, económicamente es factible con financiamiento del área de mantenimiento del hospital, al ser un trabajo necesario primordial dentro de los servicios básicos que atienden a la ciudadanía del centro del país y en general; No se considera en la rentabilidad en la propuesta al ser un servicio comunitario.

## 3.8 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 3.8.1 CONCLUSIONES

- La demanda máxima registrada en el transformador general del actual hospital del IEES de Ambato en el periodo de mediciones de siete días continuos fue de 399 KVA, lo que representa una utilización de 49.87% de la potencia total del transformador, siendo esto un indicativo que el transformador se encuentra subcargado.
- En la simulación se visualizó que existía un desbalance aceptable entre fases y pérdidas en las líneas más cargadas he incluso se detectó en las modificaciones realizadas en el transformador general que el conductor usado para realizar un puente entre barras presentaba sobrecarga en los conductores, también en el puente realizado entra el tablero general de emergencia y tablero general normal.
- Al proceder a realizar la medición en los subtableros se detectó conductores que se encontraban calientes y puntos flojos en cada interruptor termomagnético de la mayoría de subtableros, como es el caso del subtablero de esterilización que continuamente se producen desconexiones de energía afectando directamente a los equipos, disminuyendo su vida útil de trabajo produciéndose pérdidas económicas.
- Al realizar el análisis del factor de potencia en el transformador general se comprobó que el valor es de 0,96 que se encuentra dentro de la normativa, pero en ciertos subtableros del área de ascensores se encontró problemas de bajo factor de potencia igual a 0,86 que se encuentran fuera del rango establecido por la regulación vigente del CONELEC 004/01, esto provoca que no funcionen correctamente los equipos.
- Se ha observado en la cámara de transformación que existen dos transformadores de 800kVA en la cual uno de ellos debería abastecer la

carga de emergencia y el transformador sobrante abastecería la carga del circuito normal. Por lo cual en este caso solo está funcionando un transformador abasteciendo los dos tableros generales, normal y de emergencia que tiene el hospital, para abastecer la otra carga se tiene hecho un puente con calibre de menor capacidad de corriente a la que consume la carga y de la misma manera se encuentra un puente entre los tableros normal y el de emergencia, obteniendo en los puentes una sobrecarga y un efecto joule.

- La corriente que está entregando el transformador hacia la carga es de la 1047 A en máxima carga por la cual está excediéndose en la protección de los NH ya que son de 800 A, la característica del NH se puede sobre cargar en un 50% más de su capacidad nominal encontrándose al límite de su capacidad de funcionamiento ya que el pico más elevado llega a la corriente ya mencionada, en los voltajes medidos de cada fase se encuentran funcionando dentro de la normativa vigente con un valor de 125V en fase-neutro.
- Al realizar el análisis del sistema eléctrico se detectó armónicos de corriente y de voltaje en el cual los armónicos de voltaje se encuentran dentro de los límites permitidos por la norma vigente menos del 3%, y los armónicos de corriente se encuentran excediendo el límite permitido llegando en ocasiones al 20%, estos factores hacen que se produzcan pérdidas en el sistema y mal funcionamiento de equipos instalados.

### 3.8.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda evaluar las condiciones de operación del transformador que alimenta al hospital cada cierto tiempo ya que por el momento el transformador se encuentra operando a un 50 % y con el crecimiento de la demanda el transformador podrá funcionar con normalidad aproximadamente 12 años más.
- Es recomendable equilibrar las cargas en los tableros principales: normal y de emergencia encontrado en el cuarto de control para mejorar el funcionamiento del sistema y evitar pérdidas por fases sobrecargadas.
- Se recomienda realizar los ajustes correspondientes en cada subtablero mínimo 2 veces al año y revisión de cargabilidad de los conductores para evitar cortes de energía no programados en las áreas del hospital.
- Para mejorar el bajo factor de potencia detectado en los subtableros se recomienda corregir en las áreas que se encuentren más afectadas, para reducir las pérdidas en los cables por las caídas de voltaje, aumento de la disponibilidad de potencia en la línea e incremento de vida útil de las instalaciones.
- Se recomienda cambiar el calibre del conductor en los puentes del transformador general, también del puente entre tablero general de emergencia y tablero general normal ubicado en la cámara de transformación el cambio evitará las pérdidas por el efecto joule que actualmente se presentan en horas de máxima demanda.
- Se recomienda realizar el cambio del fusible NH del transformador por uno de 1250A el cual soportara la capacidad de corriente que requiere el sistema eléctrico del hospital siempre y cuando se haya cambiado correctamente los conductores a un haz de 4x750MCM.

- Se recomienda colocar filtros sintonizadores simples en las áreas de quirófanos tratando de purificar la forma de onda senoidal y obteniendo una calidad de producto adecuado el cual evite el daño de los equipos y envejecimiento prematuro, permitiéndoles funcionar correctamente.

### 3.9 GLOSARIO DE TÉRMINOS

**ARCONEL:** Agencia de Regulación y Control de Electricidad, Regular y controlar los servicios públicos de suministro de energía eléctrica y de alumbrado público general, en beneficio de la ciudadanía ecuatoriana, promoviendo su prestación con alta calidad, precios justos y responsabilidad socio – ambiental.

**Capacidad instalada:** Es la suma total de las fuentes en (KVA o kW).

**Cable:** conductor con aislamiento o hilos de conductor con o sin aislamientos

Calidad de energía: la calidad de energía se entiende cuando la energía eléctrica es suministrada a los equipos y dispositivos con las características y condiciones adecuadas que permita mantener su continuidad sin que se afecte su desempeño ni provoque fallas a sus componentes.

**Carga instalada:** Es la potencia total en kVA que tiene instalada el cliente

**CONELEC:** consejo nacional de electricidad

**EEASA:** Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A, Suministrar Energía Eléctrica, con las mejores condiciones de calidad y continuidad, para satisfacer las necesidades de los clientes en su área de concesión, a precios razonables y contribuir al desarrollo económico y social.

**ETAP:** Electrical Transient Analyzer Program, es la herramienta más completa de análisis y control para el diseño, simulación y operación de sistemas de potencia eléctricos de generación, distribución e industriales.

**Fallas eléctricas:** es el efecto en el aislamiento o conductividad de cualquier componente o mecanismo de un circuito, que provoca la interrupción de la corriente.



**Fusibles:** son dispositivos de seguridad para circuitos eléctricos que ofrecen un punto vulnerable que colapsa ante el aumento de tensión o intensidad en la corriente circulante, para proteger el circuito y los equipos que lo integren.

**IEEE:** El Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, su trabajo es promover la creatividad, el desarrollo y la integración, compartir y aplicar los avances en las tecnologías de la información, electrónica y ciencias en general para beneficio de la humanidad y de los mismos profesionales.

**Interruptor termomagnético, o disyuntor termomagnético,** es un dispositivo capaz de interrumpir la corriente eléctrica de un circuito cuando ésta sobrepasa ciertos valores máximos. Su funcionamiento se basa en dos de los efectos producidos por la circulación de corriente eléctrica en un circuito: el magnético y el térmico (efecto Joule). El dispositivo consta, por tanto, de dos partes, un electroimán y una lámina bimetálica, conectadas en serie y por las que circula la corriente que va hacia la carga.

**NEC:** Norma Ecuatoriana de la Construcción, Esta normativa representa para el Ecuador, un medio idóneo para mejorar la calidad de las edificaciones y sobre todo para proteger la vida de las personas. Su aplicación incidirá en el impulso al desarrollo tecnológico.

**Perdidas por efecto joule:** Por un conductor circula corriente eléctrica, parte de la energía cinética de los electrones se transforma en calor debido al choque que sufren los electrones con las moléculas del conductor por el que circulan elevando la temperatura del mismo.

**Potencia activa:** La potencia activa, es la que representa la capacidad de un circuito para poder realizar un proceso de transformación de la energía eléctrica en trabajo

**Potencia reactiva:** Aparece en una instalación eléctrica en la que existen bobinas o condensadores, y es necesaria para crear campos magnéticos y eléctricos en dichos componentes. Se representa por  $Q$  y se mide en voltiamperios reactivos (VAr).

**Potencia aparente:** La potencia aparente ( $S$ ), llamada también "potencia total", es el resultado de la suma geométrica de las potencias activa y reactiva. Esta potencia es la que realmente suministra una planta eléctrica cuando se encuentra funcionando al vacío, es decir, sin ningún tipo de carga conectada, mientras que la potencia que consumen las cargas conectadas al circuito eléctrico es potencia activa ( $P$ ).

**Subtableros:** es la derivación de los tableros generales a los subtableros los cuales de similar manera tienen instalados sus dispositivos de seguridad.

**Transformador:** Es un dispositivo eléctrico que permite aumentar o disminuir el voltaje en un circuito eléctrico de corriente alterna, manteniendo la potencia.

**Tableros generales:** El tablero eléctrico es la parte principal de la instalación eléctrica, en el mismo se encuentran todos los dispositivos de seguridad y maniobra de los circuitos eléctricos de la instalación.

**THDI:** Distorsión armónica total de corriente.

**THDV:** Distorsión armónica total de voltaje.

### 3.10 BIBLIOGRAFÍA

- AGUIRRE Luis. 2010. Análisis de carga del Hospital San Vicente de Paúl de la ciudad de Ibarra y propuesta para el cumplimiento de la calidad de energía según regulación No. Conelec 004/01. Ibarra : s.n., 2010. pág. 135.
- ARCONEL-CONELC-002/02. 2002. REGULACION No. CONELC – 002/02. 2002.
- ARCONEL-CONELC-004/01. 2001. CALIDAD DEL SERVICIO ELECTRICO DE DISTRIBUCION. 2001. pág. 3.
- ARCONEL-CONELC-007/00. 2000. PROCEDIMIENTOS DEL MERCADO ELECTRICO MAYORISTA. [En línea] 2000. [Citado el: 23 de 11 de 2015.] [https://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjHzPDB\\_q7KAhUK7SYKHajLAccQFggcMAE&url=http%3A%2F%2Fwww.regulacioneolica.gob.ec%2Fwp-content%2Fplugins%2Fdownload-monitor%2Fdownload.php%3Fid%3D196&usg=AFQjCNEo](https://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjHzPDB_q7KAhUK7SYKHajLAccQFggcMAE&url=http%3A%2F%2Fwww.regulacioneolica.gob.ec%2Fwp-content%2Fplugins%2Fdownload-monitor%2Fdownload.php%3Fid%3D196&usg=AFQjCNEo).
- ARCONEL-CONELC-REGLAMENTO SUSTITUTIVO. 2005. REGLAMENTO-SUSTITUTIVO-RSSE-REFORMA-22-NOV-05. Ecuador : s.n., 2005.
- ENERGY, TXU. 2016. Qué significa "demanda". [En línea] 2016. [Citado el: 14 de 1 de 2016.] <https://www.txu.com/es/property-management/customer-care/understanding-demand.aspx>.
- ETAP Powering Success. 2015. ETAP. [En línea] 2 de 9 de 2015. [Citado el: 6 de 1 de 2016.] <http://www.etapven.com/>.
- FREIRE David. 2010. Análisis de calidad de energía en los edificios utilizados por el Hospital León Becerra. Guayaquil : s.n., 2010. pág. 259.
- GONZALES Chino. 2014. Curva de. 2014. pág. 1.
- Gonzales, Chino. 2014. Curvas de carga y generacion. 2014.
- GRANDE Nelsón. 2012. Calidad de energía y eficiencia energética en edificios públicos. El Salvador : s.n., 2012. pág. 7.
- HAWKING Stephen. 1986. Electric power distribution system engineering. 1986. pág. 241.

- IEEE 519 1992. 2008. 2008. pág. 6.4.
- Núñez Jose. 2011. Evaluación y diagnóstico del sistema eléctrico del Hospital Provincial General de Latacunga. Latacunga. QUITO : s.n., 2011. pág. 112.
- RETIE. 2013. Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctrica (RETIE). 2013. pág. 31.
- SCHNEIDER - FERRACCI Philippe. 2001. La calidad de la energía eléctrica. España : s.n., 2001. pág. 13.
- SCHNEIDER. 2008. Mejora del factor de potencia y filtrado de armónicos. 2008. pág. 3.
- VILLAVICENCIO Darwin. 2012. DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA EN TRANSFORMADORES, PARA LOS SERVICIOS DE COMERCIALIZACIÓN EN BASE A LOS USOS DE ENERGÍA, EN LA EMPRESA ELECTRICA REGIONAL CENTROSUR PARA LA CIUDAD DE CUENCA”. Cuenca : s.n., 2012.
- VIQUEZ Irene. 2007. Elaboración de una guía práctica para la evaluación de la calidad de energía dentro de C.N.F.L. (Primera parte: Sistemas de aterrizamiento en Edificios). 2007. pág. 8.

# **ANEXOS**

- ANEXO 1 ENTREVISTA REALIZADA AL ING. JORGE LOPEZ DEL ÁREA DEL MANTENIMIENTO SE ENCUENTRA ADJUNTO EN EL CD.
- ANEXO 2 PLANOS REALIZADOS DEL SISTEMA ELÉCTRICO DEL HOSPITAL IESS SE ENCUENTRA ADJUNTO EN EL CD.
- ANEXO 6 MEDICIONES REALIZADAS DEL TRANSFORMADOR, TABLEROS GENERALES Y SUBTABLEROS, SE ENCUENTRAN ADJUNTO EN EL CD.
- ANEXO 7 CT800KVA #12185 HISTOGRAMA DE FRECUENCIA DE POTENCIAS SE ENCUENTRAN ADJUNTO EN EL CD.
- ANEXO 15 TABULACION DE LOS PARAMETROS ELECTRICOS MEDIANTE HISTOGRAMAS DE FRECUENCIA DE CADA SUBTABLERO, ADJUNTO EN EL CD.
- ANEXO 16 SIMULACIÓN DE POTENCIA DEL SISTEMA ELECTRICO ACTUAL REALIZADA EN EL SOFTWARE ETAP 12.6.0, ADJUNTO EN EL CD.
- ANEXO 17 REPORTES GENERADOS POR EL SOFTWARE ETAP 12.6.0 DE LA SIMULACION DEL SISTEMA ELECTRICO ACTUAL DEL HOSPITAL, ADJUNTO EN EL CD.
- ANEXO 19 REPORTE DE LA SIMULACION GENERADAS POR EL SOFTWARE ETAP 12.6.0 DEL SISTEMA ELECTRICO DEL HOSPITAL APLICADO LAS ACCIONES CORRECTIVAS, ADJUNTO EN EL CD.

### ANEXO 3 DISTRIBUCION EN MEDIO VOLTAJE.



TRANSFORMADORES DE POTENCIAL  
Y CORRIENTE



SECCIONADORES DE CADA  
TRANSFORMADOR

ANEXO 4 DISTRIBUCIÓN EN LOS TABLEROS GENERALES DE BAJO VOLTAJE.



TRANSFORMADORES QUE POSEE  
ACTUALMENTE EL HOSPITAL



TABLEROS TPN, TPE, AIRE  
ACONDICIONADO Y EMERGENCIA



ANEXO 5 GENERADOR QUE ACTUALMENTE POSEE EL HOSPITAL



GENERADOR DE MARCA CATERPILLAR

**ANEXO 8 INDICES THDV y THDA DEL TRANSFORMADOR GENERAL MEDIDO  
7 DIAS CONTINUOS  
INDICE DE ARMONICOS DE VOLTAJE THDV COMPARADOS CON LA  
REGULACION 004/01**

| ORDEN (n) DE LA ARMONICA Y THDV  | Fase A      | fase B     | fase C      | total       | V <40 kV (trafos de distribución) |
|----------------------------------|-------------|------------|-------------|-------------|-----------------------------------|
| <b>Impares no múltiplos de 3</b> |             |            |             |             |                                   |
| 5                                | 0,68        | 0,8        | 0,79        | 0,73        | 6                                 |
| 7                                | 0,24        | 0,15       | 0,11        | 0,14        | 5                                 |
| 11                               | 0,22        | 0,22       | 0,23        | 0,23        | 3,5                               |
| 13                               | 0,04        | 0,13       | 0,02        | 0,06        | 3                                 |
| 17                               | 0           | 0,01       | 0           | 0           | 2                                 |
| 19                               | 0,02        | 0,04       | 0,01        | 0,02        | 1,5                               |
| 23                               | 0           | 0          | 0           | 0           | 1,5                               |
| 25                               | 0           | 0          | 0           | 0           | 1,5                               |
| 29                               | 0           | 0          | 0           | 0           | 1,32                              |
| <b>Impares múltiplos de tres</b> |             |            |             |             |                                   |
| 3                                | 0,48        | 0,68       | 0,7         | 0,61        | 5                                 |
| 9                                | 0,03        | 0,05       | 0,05        | 0,04        | 1,5                               |
| 15                               | 0           | 0          | 0           | 0           | 0,3                               |
| 21                               | 0           | 0          | 0           | 0           | 0,2                               |
| 27                               | 0           | 0          | 0           | 0           | 0,2                               |
| <b>Pares</b>                     |             |            |             |             | 0                                 |
| 2                                | 0,01        | 0,01       | 0,02        | 0,02        | 2                                 |
| 4                                | 0           | 0          | 0           | 0           | 1                                 |
| 12                               | 0           | 0          | 0           | 0           | 0,2                               |
| 14                               | 0           | 0          | 0           | 0           | 0,5                               |
| <b>THDV</b>                      | <b>0,85</b> | <b>1,1</b> | <b>1,12</b> | <b>0,96</b> | <b>8</b>                          |

**INDICE DE ARMONICOS DE CORRIENET THDA COMPARADOS CON LA NORMA  
IEEEStd519-2014**

| ORDEN (n) DE LA ARMONICA Y THDA | Fase A       | fase B      | fase C      | total       | Neutro       | 20<50    |
|---------------------------------|--------------|-------------|-------------|-------------|--------------|----------|
| <b>3≤h&lt;11</b>                |              |             |             |             |              |          |
| 3                               | 6,71         | 6,54        | 6,11        | 6,40        | 270,56       | 7        |
| 5                               | 3,80         | 3,57        | 3,42        | 3,49        | 5,55         | 7        |
| 7                               | 2,34         | 1,78        | 1,76        | 1,76        | 23,48        | 7        |
| 9                               | 0,76         | 1,19        | 0,65        | 0,84        | 30,89        | 7        |
| <b>11≤h&lt;17</b>               |              |             |             |             |              | 0        |
| 11                              | 1,07         | 1,20        | 1,15        | 0,99        | 3,68         | 3,5      |
| 13                              | 0,40         | 0,68        | 0,39        | 0,43        | 2,46         | 3,5      |
| 15                              | 0,05         | 0,05        | 0,00        | 0,03        | 3,97         | 3,5      |
| <b>17≤h&lt;23</b>               |              |             |             |             |              | 0        |
| 17                              | 0,42         | 0,35        | 0,14        | 0,30        | 0,24         | 2,5      |
| 19                              | 0,14         | 0,23        | 0,06        | 0,13        | 0,73         | 2,5      |
| 21                              | 0,07         | 0,01        | 0,00        | 0,02        | 3,39         | 2,5      |
| <b>23≤h&lt;35</b>               |              |             |             |             |              | 0        |
| 23                              | 0,01         | 0,00        | 0,00        | 0,00        | 0,00         | 1        |
| 25                              | 0,00         | 0,01        | 0,01        | 0,01        | 0,42         | 1        |
| 27                              | 0,00         | 0,00        | 0,00        | 0,00        | 0,00         | 1        |
| 29                              | 0,00         | 0,00        | 0,00        | 0,00        | 0,00         | 1        |
| 31                              | 0,00         | 0,00        | 0,00        | 0,00        | 0,00         | 1        |
| 33                              | 0,00         | 0,00        | 0,00        | 0,00        | 0,00         | 1        |
| <b>35≤h≤50</b>                  |              |             |             |             |              | 0        |
| 35                              | 0,00         | 0,00        | 0,00        | 0,00        | 0,00         | 0,5      |
| 37                              | 0,00         | 0,00        | 0,00        | 0,00        | 0,00         | 0,5      |
| 39                              | 0,00         | 0,00        | 0,00        | 0,00        | 0,00         | 0,5      |
| 41                              | 0,00         | 0,00        | 0,00        | 0,00        | 0,00         | 0,5      |
| 43                              | 0,00         | 0,00        | 0,00        | 0,00        | 0,00         | 0,5      |
| 45                              | 0,00         | 0,00        | 0,00        | 0,00        | 0,00         | 0,5      |
| 47                              | 0,00         | 0,00        | 0,00        | 0,00        | 0,00         | 0,5      |
| 49                              | 0,00         | 0,00        | 0,00        | 0,00        | 0,00         | 0,5      |
| <b>TDD</b>                      | <b>10,02</b> | <b>9,95</b> | <b>9,23</b> | <b>9,72</b> | <b>99,90</b> | <b>8</b> |

**ANEXO 9 INDICES THDV y THDA DEL TABLERO GENERAL NORMAL MEDIDO 1 DIA  
INDICE DE ARMONICOS DE VOLTAJE THDV COMPARADOS CON LA REGULACION  
004/01**

| ORDEN (n) DE LA ARMONICA Y THDV  | A           | B           | C           | total       | V <40 kV (trafos de distribución) |
|----------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-----------------------------------|
| <b>Impares no múltiplos de 3</b> |             |             |             |             |                                   |
| 5                                | 0,77        | 0,77        | 0,67        | 0,7         | 6                                 |
| 7                                | 0,55        | 0,28        | 0,43        | 0,32        | 5                                 |
| 11                               | 0,37        | 0,35        | 0,33        | 0,35        | 3,5                               |
| 13                               | 0,05        | 0,18        | 0,04        | 0,08        | 3                                 |
| 17                               | 0,03        | 0,02        | 0,01        | 0,02        | 2                                 |
| 19                               | 0,06        | 0,05        | 0,03        | 0,04        | 1,5                               |
| 23                               | 0           | 0           | 0           | 0           | 1,5                               |
| 25                               | 0,01        | 0,01        | 0,01        | 0,01        | 1,5                               |
| 29                               | 0           | 0           | 0           | 0           | 1,32                              |
| <b>Impares múltiplos de tres</b> |             |             |             |             |                                   |
| 3                                | 1,54        | 1,63        | 1,57        | 1,58        | 5                                 |
| 9                                | 0,23        | 0,28        | 0,34        | 0,28        | 1,5                               |
| 15                               | 0,02        | 0           | 0,02        | 0,01        | 0,3                               |
| 21                               | 0,02        | 0,01        | 0           | 0,01        | 0,2                               |
| 27                               | 0           | 0           | 0           | 0           | 0,2                               |
| <b>Pares</b>                     |             |             |             |             | 0                                 |
| 2                                | 0,02        | 0,03        | 0,02        | 0,02        | 2                                 |
| 4                                | 0           | 0,01        | 0           | 0           | 1                                 |
| 12                               | 0           | 0           | 0           | 0           | 0,2                               |
| 14                               | 0           | 0           | 0           | 0           | 0,5                               |
| <b>THDV</b>                      | <b>1,83</b> | <b>1,93</b> | <b>1,81</b> | <b>1,86</b> | <b>8</b>                          |

**INDICE DE ARMONICOS DE CORRIENET THDA COMPARADOS CON LA NORMA IIEEESId519-2014**

| ORDEN (n) DE LA ARMONICA Y THDA | A            | B            | C            | total        | Neutro       | 20<50    |
|---------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----------|
| 3<h<11                          |              |              |              |              |              |          |
| 3                               | 8,91         | 11,12        | 10,90        | 10,22        | 297,52       | 7        |
| 5                               | 5,91         | 5,30         | 5,50         | 5,40         | 18,79        | 7        |
| 7                               | 4,42         | 3,01         | 4,14         | 3,86         | 21,83        | 7        |
| 9                               | 1,17         | 1,37         | 2,28         | 1,61         | 38,70        | 7        |
| 11<h<17                         |              |              |              |              |              | 0        |
| 11                              | 1,92         | 1,62         | 1,44         | 1,63         | 0,54         | 3,5      |
| 13                              | 0,85         | 1,12         | 1,08         | 0,89         | 1,03         | 3,5      |
| 15                              | 0,21         | 0,19         | 0,43         | 0,28         | 6,22         | 3,5      |
| 17<h<23                         |              |              |              |              |              | 0        |
| 17                              | 1,08         | 0,89         | 0,21         | 0,68         | 0,00         | 2,5      |
| 19                              | 0,25         | 0,49         | 0,38         | 0,35         | 0,32         | 2,5      |
| 21                              | 0,15         | 0,07         | 0,00         | 0,07         | 0,89         | 2,5      |
| 23<h<35                         |              |              |              |              |              | 0        |
| 23                              | 0,06         | 0,04         | 0,03         | 0,04         | 0,00         | 1        |
| 25                              | 0,10         | 0,09         | 0,11         | 0,08         | 0,17         | 1        |
| 27                              | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 1        |
| 29                              | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 1        |
| 31                              | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 1        |
| 33                              | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 1        |
| 35<h<50                         |              |              |              |              |              | 0        |
| 35                              | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,5      |
| 37                              | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,5      |
| 39                              | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,5      |
| 41                              | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,5      |
| 43                              | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,5      |
| 45                              | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,5      |
| 47                              | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,5      |
| 49                              | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,5      |
| <b>TDD</b>                      | <b>12,70</b> | <b>13,68</b> | <b>15,00</b> | <b>13,79</b> | <b>99,90</b> | <b>8</b> |

**ANEXO 10 INDICES THDV y THDA DEL TABLERO GENERAL DE EMERGENCIA  
MEDIDO 1 DIA  
INDICE DE ARMONICOS DE VOLTAJE THDV COMPARADOS CON LA REGULACION  
004/01**

| ORDEN (n) DE LA ARMONICA Y THDV  | A           | B           | C           | total       | V <40 kV (trafos de distribución) |
|----------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-----------------------------------|
| <b>Impares no múltiplos de 3</b> |             |             |             |             |                                   |
| 5                                | 0,77        | 0,83        | 0,74        | 0,74        | 6                                 |
| 7                                | 0,45        | 0,32        | 0,3         | 0,31        | 5                                 |
| 11                               | 0,38        | 0,28        | 0,26        | 0,31        | 3,5                               |
| 13                               | 0,06        | 0,18        | 0,06        | 0,1         | 3                                 |
| 17                               | 0,03        | 0,01        | 0,01        | 0,01        | 2                                 |
| 19                               | 0,07        | 0,06        | 0,04        | 0,06        | 1,5                               |
| 23                               | 0           | 0           | 0           | 0           | 1,5                               |
| 25                               | 0,01        | 0,01        | 0,01        | 0,01        | 1,5                               |
| 29                               | 0           | 0           | 0           | 0           | 1,32                              |
| <b>Impares múltiplos de tres</b> |             |             |             |             |                                   |
| 3                                | 1,41        | 1,58        | 1,45        | 1,48        | 5                                 |
| 9                                | 0,18        | 0,21        | 0,3         | 0,22        | 1,5                               |
| 15                               | 0,02        | 0           | 0,01        | 0,01        | 0,3                               |
| 21                               | 0,02        | 0,01        | 0           | 0,01        | 0,2                               |
| 27                               | 0           | 0           | 0           | 0           | 0,2                               |
| <b>Pares</b>                     |             |             |             |             | 0                                 |
| 2                                | 0,01        | 0,02        | 0,02        | 0,02        | 2                                 |
| 4                                | 0           | 0,01        | 0           | 0           | 1                                 |
| 12                               | 0           | 0           | 0           | 0           | 0,2                               |
| 14                               | 0           | 0           | 0           | 0           | 0,5                               |
| <b>THDV</b>                      | <b>1,81</b> | <b>1,82</b> | <b>1,63</b> | <b>1,75</b> | <b>8</b>                          |

**INDICE DE ARMONICOS DE CORRIENET THDA COMPARADOS CON LA NORMA IIEEESId519-2014**

| ORDEN (n) DE LA ARMONICA Y THDA | A            | B            | C            | total        | Neutro       | 20<50    |
|---------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----------|
| 3<h<11                          |              |              |              |              |              |          |
| 3                               | 6,17         | 5,93         | 6,66         | 5,77         | 213,29       | 7        |
| 5                               | 5,50         | 5,96         | 4,81         | 5,42         | 9,03         | 7        |
| 7                               | 2,40         | 3,05         | 3,09         | 2,83         | 12,31        | 7        |
| 9                               | 0,33         | 1,23         | 0,29         | 0,54         | 26,34        | 7        |
| 11<h<17                         |              |              |              |              |              | 0        |
| 11                              | 1,18         | 1,14         | 1,20         | 1,13         | 0,78         | 3,5      |
| 13                              | 0,56         | 0,74         | 0,58         | 0,61         | 1,10         | 3,5      |
| 15                              | 0,00         | 0,01         | 0,01         | 0,00         | 4,95         | 3,5      |
| 17<h<23                         |              |              |              |              |              | 0        |
| 17                              | 0,41         | 0,32         | 0,34         | 0,35         | 0,00         | 2,5      |
| 19                              | 0,20         | 0,32         | 0,15         | 0,20         | 0,26         | 2,5      |
| 21                              | 0,14         | 0,05         | 0,06         | 0,07         | 0,65         | 2,5      |
| 23<h<35                         |              |              |              |              |              | 0        |
| 23                              | 0,18         | 0,17         | 0,09         | 0,14         | 0,00         | 1        |
| 25                              | 0,08         | 0,12         | 0,07         | 0,08         | 0,19         | 1        |
| 27                              | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 1        |
| 29                              | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 1        |
| 31                              | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 1        |
| 33                              | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 1        |
| 35<h<50                         |              |              |              |              |              | 0        |
| 35                              | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,5      |
| 37                              | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,5      |
| 39                              | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,5      |
| 41                              | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,5      |
| 43                              | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,5      |
| 45                              | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,5      |
| 47                              | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,5      |
| 49                              | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,5      |
| <b>TDD</b>                      | <b>15,30</b> | <b>16,15</b> | <b>14,05</b> | <b>14,91</b> | <b>99,94</b> | <b>8</b> |

ANEXO 11 POTENCIAS DE LÍNEA Y TOTAL DEL TPN MEDIDAS 7 DÍAS CONTINUOS EN INTERVALOS DE 10 MINUTOS Y TABULADOS MEDIANTE HISTOGRAMAS DE FRECUENCIA.

| HORA  | L1        |            |             | L2        |            |             | L3        |            |             | TOTAL     |            |             |
|-------|-----------|------------|-------------|-----------|------------|-------------|-----------|------------|-------------|-----------|------------|-------------|
|       | P<br>(KW) | S<br>(KVA) | Q<br>(KVAR) | P<br>(KW) | S<br>(KVA) | Q<br>(KVAR) | P<br>(KW) | S<br>(KVA) | Q<br>(KVAR) | P<br>(KW) | S<br>(KVA) | Q<br>(KVAR) |
| 0:00  | 27,7      | 28,8       | 7,2         | 28,8      | 26,6       | 5,8         | 27,7      | 28,9       | 6,3         | 84,1      | 84,4       | 19,3        |
| 1:00  | 27,5      | 27,7       | 7,4         | 25,1      | 25,1       | 5,1         | 24,9      | 25,4       | 5,8         | 77,4      | 78,2       | 18,3        |
| 2:00  | 25,1      | 25,5       | 5,8         | 24,4      | 26,7       | 4,9         | 24,2      | 23,8       | 5,6         | 73,7      | 76,1       | 16,3        |
| 3:00  | 26,6      | 27,8       | 6,9         | 24,4      | 24,5       | 5,7         | 25,9      | 24,6       | 7,6         | 76,9      | 76,9       | 20,2        |
| 4:00  | 27,6      | 28,0       | 8,0         | 25,5      | 25,6       | 5,3         | 24,5      | 24,8       | 5,4         | 77,5      | 78,5       | 18,8        |
| 5:00  | 28,3      | 28,7       | 7,4         | 28,1      | 26,1       | 5,4         | 31,2      | 30,2       | 5,9         | 87,6      | 85,1       | 18,7        |
| 6:00  | 34,4      | 34,6       | 7,3         | 38,0      | 38,0       | 6,1         | 33,1      | 34,6       | 16,7        | 105,4     | 107,2      | 30,2        |
| 7:00  | 58,3      | 51,8       | 9,4         | 45,1      | 45,2       | 7,3         | 35,5      | 49,8       | 7,3         | 138,8     | 146,7      | 23,9        |
| 8:00  | 60,6      | 60,7       | 9,9         | 62,0      | 63,7       | 9,5         | 56,8      | 57,4       | 10,2        | 179,3     | 181,8      | 29,6        |
| 9:00  | 58,4      | 58,9       | 10,3        | 59,2      | 59,5       | 8,2         | 62,2      | 63,0       | 16,9        | 179,8     | 181,3      | 35,4        |
| 10:00 | 58,7      | 59,2       | 10,0        | 60,2      | 60,5       | 8,1         | 57,8      | 58,4       | 15,7        | 176,6     | 178,1      | 33,8        |
| 11:00 | 61,8      | 62,1       | 9,5         | 65,2      | 59,7       | 8,1         | 59,5      | 59,6       | 16,0        | 186,5     | 181,4      | 33,6        |
| 12:00 | 59,3      | 59,5       | 9,2         | 59,6      | 59,9       | 9,1         | 54,1      | 55,2       | 15,2        | 172,9     | 174,5      | 33,4        |
| 13:00 | 58,6      | 58,9       | 8,9         | 57,9      | 58,4       | 8,1         | 55,1      | 55,5       | 15,1        | 171,6     | 172,7      | 32,2        |
| 14:00 | 57,0      | 57,2       | 8,8         | 51,3      | 57,2       | 8,5         | 50,7      | 51,6       | 14,6        | 159,0     | 166,0      | 31,9        |
| 15:00 | 39,4      | 39,6       | 9,0         | 60,8      | 61,4       | 9,3         | 51,8      | 52,1       | 15,7        | 152,0     | 153,1      | 34,0        |
| 16:00 | 53,7      | 54,0       | 8,0         | 57,6      | 57,7       | 9,1         | 48,2      | 48,2       | 14,8        | 159,5     | 160,0      | 31,8        |
| 17:00 | 52,5      | 53,0       | 8,9         | 51,5      | 51,7       | 6,7         | 47,4      | 47,7       | 16,8        | 151,4     | 152,4      | 32,4        |
| 18:00 | 51,6      | 51,9       | 8,6         | 50,8      | 54,7       | 8,5         | 47,5      | 47,7       | 13,7        | 149,9     | 154,3      | 30,8        |
| 19:00 | 47,7      | 47,9       | 9,0         | 44,2      | 44,6       | 9,7         | 43,4      | 43,5       | 14,6        | 135,3     | 136,0      | 33,2        |
| 20:00 | 39,9      | 39,9       | 7,0         | 43,8      | 43,8       | 6,0         | 37,3      | 37,5       | 16,5        | 121,0     | 121,3      | 29,4        |
| 21:00 | 38,0      | 38,3       | 7,1         | 41,4      | 41,5       | 6,9         | 33,8      | 38,7       | 7,1         | 113,1     | 118,4      | 21,0        |
| 22:00 | 36,8      | 37,1       | 4,1         | 41,6      | 37,9       | 5,9         | 30,8      | 34,0       | 17,1        | 109,1     | 109,0      | 27,2        |
| 23:00 | 30,1      | 30,4       | 6,5         | 29,7      | 29,9       | 6,2         | 28,2      | 28,8       | 5,9         | 87,9      | 89,1       | 18,7        |

RESUMEN DE LAS HORAS QUE SE PRESENTA LAS POTENCIAS MÁXIMAS.

|                  |       |       |       |       |      |       |      |      |       |       |       |      |
|------------------|-------|-------|-------|-------|------|-------|------|------|-------|-------|-------|------|
| <b>Dem. Máx.</b> | 61,8  | 62,1  | 10,3  | 65,2  | 63,7 | 9,7   | 62,2 | 63,0 | 17,1  | 186,5 | 181,8 | 35,4 |
| <b>Hora</b>      | 11:00 | 11:00 | 9:00  | 11:00 | 8:00 | 19:00 | 9:00 | 9:00 | 22:00 | 11:00 | 8:00  | 9:00 |
| <b>Dem. Min.</b> | 25,1  | 25,5  | 4,1   | 24,4  | 24,5 | 4,9   | 24,2 | 23,8 | 5,4   | 73,7  | 76,1  | 16,3 |
| <b>Hora</b>      | 2:00  | 2:00  | 22:00 | 2:00  | 3:00 | 2:00  | 2:00 | 2:00 | 4:00  | 2:00  | 2:00  | 2:00 |

ANEXO 12 INDICES THDV y THDA DEL TABLERO PRINCIPAL NORMAL  
 MEDIDO 7 DIAS  
 INDICE DE ARMONICOS DE VOLTAJE THDV COMPARADOS CON LA  
 REGULACION 004/01

| ORDEN (n) DE LA ARMONICA Y THDV  | A    | B    | C    | total | V <40 kV (trafos de distribución) |
|----------------------------------|------|------|------|-------|-----------------------------------|
| <b>Impares no múltiplos de 3</b> |      |      |      |       |                                   |
| 5                                | 0,89 | 1,13 | 0,8  | 0,94  | 6                                 |
| 7                                | 0,62 | 0,29 | 0,34 | 0,39  | 5                                 |
| 11                               | 0,6  | 0,54 | 0,26 | 0,44  | 3,5                               |
| 13                               | 0,14 | 0,47 | 0,39 | 0,32  | 3                                 |
| 17                               | 0,15 | 0,22 | 0,05 | 0,13  | 2                                 |
| 19                               | 0,2  | 0,38 | 0,13 | 0,23  | 1,5                               |
| 23                               | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,02  | 1,5                               |
| 25                               | 0,04 | 0,02 | 0,01 | 0,02  | 1,5                               |
| 29                               | 0    | 0    | 0    | 0     | 1,32                              |
| <b>Impares múltiplos de tres</b> |      |      |      |       |                                   |
| 3                                | 4,78 | 4,96 | 4,84 | 4,82  | 5                                 |
| 9                                | 0,99 | 0,94 | 1,1  | 1,01  | 1,5                               |
| 15                               | 0,06 | 0,08 | 0,09 | 0,07  | 0,3                               |
| 21                               | 0,09 | 0,05 | 0,05 | 0,06  | 0,2                               |
| 27                               | 0    | 0    | 0    | 0     | 0,2                               |
| <b>Pares</b>                     |      |      |      |       | 0                                 |
| 2                                | 0,03 | 0,06 | 0,06 | 0,05  | 2                                 |
| 4                                | 0    | 0,05 | 0,07 | 0,04  | 1                                 |
| 12                               | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01  | 0,2                               |
| 14                               | 0,01 | 0,02 | 0    | 0,01  | 0,5                               |
| <b>THDV</b>                      | 5,43 | 5,43 | 5,67 | 5,51  | 8                                 |

INDICE DE ARMONICOS DE CORRIENET THDA COMPARADOS CON LA NORMA  
 IEEEStd519-2014

| ORDEN (n) DE LA ARMONICA Y THDA | A    | B    | C    | total | Neutro | 20<50    |
|---------------------------------|------|------|------|-------|--------|----------|
| 3<h<11                          |      |      |      |       |        |          |
| 3                               | 7,68 | 7,19 | 5,26 | 6,48  | 19,93  | 7        |
| 5                               | 2,84 | 3,49 | 3,31 | 2,97  | 2,89   | 7        |
| 7                               | 1,81 | 2,32 | 1,49 | 1,60  | 2,75   | 7        |
| 9                               | 0,89 | 0,62 | 2,06 | 1,17  | 2,17   | 7        |
| 11<h<17                         |      |      |      |       |        | 0        |
| 11                              | 1,54 | 1,75 | 0,93 | 1,29  | 1,05   | 3,5      |
| 13                              | 1,03 | 1,46 | 1,05 | 1,18  | 0,75   | 3,5      |
| 15                              | 0,14 | 0,24 | 0,04 | 0,11  | 0,59   | 3,5      |
| 17<h<23                         |      |      |      |       |        | 0        |
| 17                              | 0,82 | 0,56 | 0,18 | 0,50  | 0,20   | 2,5      |
| 19                              | 0,20 | 0,46 | 0,35 | 0,31  | 0,09   | 2,5      |
| 21                              | 0,14 | 0,06 | 0,01 | 0,07  | 0,03   | 2,5      |
| 23<h<35                         |      |      |      |       |        | 0        |
| 23                              | 0,09 | 0,09 | 0,01 | 0,06  | 0,00   | 1        |
| 25                              | 0,09 | 0,09 | 0,09 | 0,08  | 0,00   | 1        |
| 27                              | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00  | 0,00   | 1        |
| 29                              | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00  | 0,00   | 1        |
| 31                              | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00  | 0,00   | 1        |
| 33                              | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00  | 0,00   | 1        |
| 35<h<50                         |      |      |      |       |        | 0        |
| 35                              | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00  | 0,00   | 0,5      |
| 37                              | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00  | 0,00   | 0,5      |
| 39                              | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00  | 0,00   | 0,5      |
| 41                              | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00  | 0,00   | 0,5      |
| 43                              | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00  | 0,00   | 0,5      |
| 45                              | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00  | 0,00   | 0,5      |
| 47                              | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00  | 0,00   | 0,5      |
| 49                              | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00  | 0,00   | 0,5      |
| <b>TDD</b>                      | 9,53 | 9,15 | 7,17 | 8,49  | 22,52  | <b>8</b> |

ANEXO 13 POTENCIAS DE LÍNEA Y TOTAL DEL TPE MEDIDAS 7 DÍAS CONTINUOS EN INTERVALOS DE 10 MINUTOS Y TABULADOS MEDIANTE HISTOGRAMAS DE FRECUENCIA.

| HORA  | L1        |            |             | L2        |            |             | L3        |            |             | TOTAL     |            |             |
|-------|-----------|------------|-------------|-----------|------------|-------------|-----------|------------|-------------|-----------|------------|-------------|
|       | P<br>(KW) | S<br>(KVA) | Q<br>(KVAR) | P<br>(KW) | S<br>(KVA) | Q<br>(KVAR) | P<br>(KW) | S<br>(KVA) | Q<br>(KVAR) | P<br>(KW) | S<br>(KVA) | Q<br>(KVAR) |
| 0:00  | 38,0      | 43,5       | 19,4        | 38,1      | 43,0       | 17,8        | 39,9      | 41,4       | 18,4        | 116,0     | 127,8      | 55,5        |
| 1:00  | 34,1      | 42,2       | 19,7        | 38,2      | 42,1       | 17,8        | 40,6      | 44,5       | 18,8        | 112,9     | 128,7      | 56,4        |
| 2:00  | 33,6      | 36,9       | 19,7        | 34,8      | 37,7       | 20,3        | 32,8      | 34,6       | 20,9        | 101,1     | 109,2      | 60,9        |
| 3:00  | 28,0      | 36,8       | 18,7        | 28,8      | 33,4       | 17,5        | 30,1      | 34,6       | 17,8        | 86,9      | 104,9      | 54,1        |
| 4:00  | 33,5      | 36,6       | 22,7        | 31,5      | 37,5       | 21,4        | 34,2      | 37,8       | 18,2        | 99,2      | 111,9      | 62,2        |
| 5:00  | 33,8      | 40,5       | 21,3        | 33,1      | 39,2       | 19,3        | 41,3      | 38,4       | 20,9        | 108,3     | 118,0      | 61,5        |
| 6:00  | 45,8      | 49,4       | 28,4        | 41,3      | 48,2       | 24,7        | 43,3      | 48,8       | 26,6        | 130,3     | 146,4      | 79,7        |
| 7:00  | 55,3      | 58,8       | 28,9        | 42,3      | 59,5       | 27,8        | 57,3      | 65,7       | 26,9        | 154,8     | 184,0      | 83,6        |
| 8:00  | 56,6      | 63,6       | 32,7        | 47,7      | 54,5       | 25,4        | 54,5      | 60,5       | 27,7        | 158,8     | 178,5      | 85,8        |
| 9:00  | 56,9      | 63,8       | 26,1        | 49,1      | 56,2       | 25,3        | 55,8      | 61,1       | 24,5        | 161,8     | 181,1      | 75,9        |
| 10:00 | 57,2      | 64,3       | 29,9        | 52,0      | 60,2       | 27,2        | 59,9      | 61,5       | 26,0        | 169,1     | 186,0      | 83,1        |
| 11:00 | 54,7      | 62,0       | 28,2        | 52,3      | 52,2       | 27,3        | 56,5      | 64,0       | 26,1        | 163,5     | 178,1      | 81,6        |
| 12:00 | 62,5      | 64,4       | 30,3        | 57,0      | 61,9       | 27,5        | 62,0      | 64,6       | 29,5        | 181,5     | 190,9      | 87,3        |
| 13:00 | 55,0      | 68,4       | 29,2        | 51,0      | 64,4       | 28,5        | 65,1      | 65,6       | 30,0        | 171,1     | 198,4      | 87,7        |
| 14:00 | 62,9      | 66,4       | 28,5        | 52,9      | 59,8       | 28,2        | 59,3      | 66,1       | 26,6        | 175,1     | 192,2      | 83,4        |
| 15:00 | 57,7      | 58,6       | 27,4        | 46,8      | 58,4       | 30,5        | 53,2      | 59,0       | 26,5        | 157,7     | 176,1      | 84,4        |
| 16:00 | 48,0      | 54,5       | 25,3        | 49,6      | 54,5       | 24,9        | 46,4      | 50,9       | 24,8        | 144,1     | 159,9      | 74,9        |
| 17:00 | 54,8      | 60,5       | 26,2        | 54,7      | 59,1       | 29,1        | 52,9      | 60,1       | 27,8        | 162,4     | 179,7      | 83,1        |
| 18:00 | 51,8      | 61,3       | 27,5        | 48,9      | 50,2       | 29,9        | 51,5      | 60,2       | 27,0        | 152,1     | 171,7      | 84,4        |
| 19:00 | 47,4      | 53,3       | 25,7        | 46,5      | 51,7       | 26,8        | 44,6      | 52,6       | 25,9        | 138,5     | 157,7      | 78,4        |
| 20:00 | 46,5      | 50,8       | 26,7        | 46,4      | 50,6       | 26,2        | 42,5      | 49,5       | 24,9        | 135,3     | 151,0      | 77,8        |
| 21:00 | 38,9      | 42,4       | 25,1        | 39,6      | 42,2       | 21,6        | 41,5      | 43,5       | 24,7        | 120,0     | 128,1      | 71,4        |
| 22:00 | 38,8      | 45,0       | 21,0        | 39,4      | 44,8       | 19,4        | 43,3      | 45,0       | 21,1        | 121,5     | 134,7      | 61,4        |
| 23:00 | 39,3      | 45,7       | 20,5        | 40,8      | 42,3       | 19,6        | 40,9      | 45,5       | 22,1        | 121,0     | 133,6      | 62,2        |

RESUMEN DE LAS HORAS QUE SE PRESENTA LAS POTENCIAS MÁXIMAS.

|                  |       |       |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|------------------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| <b>Dem. máx.</b> | 62,9  | 68,4  | 32,7 | 57,0  | 64,4  | 30,5  | 65,1  | 66,1  | 30,0  | 181,5 | 198,4 | 87,7  |
| <b>Hora</b>      | 14:00 | 13:00 | 8:00 | 12:00 | 13:00 | 15:00 | 13:00 | 14:00 | 13:00 | 12:00 | 13:00 | 13:00 |
| <b>Dem. Mín.</b> | 28,0  | 36,6  | 18,7 | 28,8  | 33,4  | 17,5  | 30,1  | 34,6  | 17,8  | 86,9  | 104,9 | 54,1  |
| <b>Hora</b>      | 3:00  | 4:00  | 3:00 | 3:00  | 3:00  | 3:00  | 3:00  | 2:00  | 3:00  | 3:00  | 3:00  | 3:00  |

ANEXO 14 INDICES THDV y THDA DEL TABLERO PRINCIPAL DE EMERGENCIA MEDIDO 1 DIA  
 INDICE DE ARMONICOS DE VOLTAJE THDV COMPARADOS CON LA REGULACION 004/01

| ORDEN (n) DE LA ARMONICA Y THDV  | A           | B           | C          | total       | V <40 kV (trafos de distribución) |
|----------------------------------|-------------|-------------|------------|-------------|-----------------------------------|
| <b>Impares no múltiplos de 3</b> |             |             |            |             |                                   |
| 5                                | 0,93        | 0,91        | 1,2        | 0,86        | 6                                 |
| 7                                | 0,61        | 0,25        | 0,34       | 0,32        | 5                                 |
| 11                               | 0,46        | 0,42        | 0,25       | 0,34        | 3,5                               |
| 13                               | 0,31        | 0,3         | 0,23       | 0,25        | 3                                 |
| 17                               | 0,13        | 0,16        | 0,04       | 0,1         | 2                                 |
| 19                               | 0,21        | 0,24        | 0,12       | 0,19        | 1,5                               |
| 23                               | 0,01        | 0,01        | 0,03       | 0,02        | 1,5                               |
| 25                               | 0,06        | 0,01        | 0,05       | 0,03        | 1,5                               |
| 29                               | 0           | 0           | 0          | 0           | 1,32                              |
| <b>Impares múltiplos de tres</b> |             |             |            |             |                                   |
| 3                                | 4,11        | 4,77        | 4,79       | 4,55        | 5                                 |
| 9                                | 0,9         | 1,04        | 1,19       | 1,04        | 1,5                               |
| 15                               | 0,15        | 0,16        | 0,11       | 0,14        | 0,3                               |
| 21                               | 0,11        | 0,06        | 0,08       | 0,08        | 0,2                               |
| 27                               | 0           | 0           | 0          | 0           | 0,2                               |
| <b>Pares</b>                     |             |             |            |             | 0                                 |
| 2                                | 0,02        | 0,06        | 0,04       | 0,04        | 2                                 |
| 4                                | 0           | 0,02        | 0,05       | 0,02        | 1                                 |
| 12                               | 0           | 0,01        | 0          | 0           | 0,2                               |
| 14                               | 0           | 0,01        | 0          | 0           | 0,5                               |
| <b>THDV</b>                      | <b>4,83</b> | <b>6,13</b> | <b>6,1</b> | <b>5,69</b> | <b>8</b>                          |

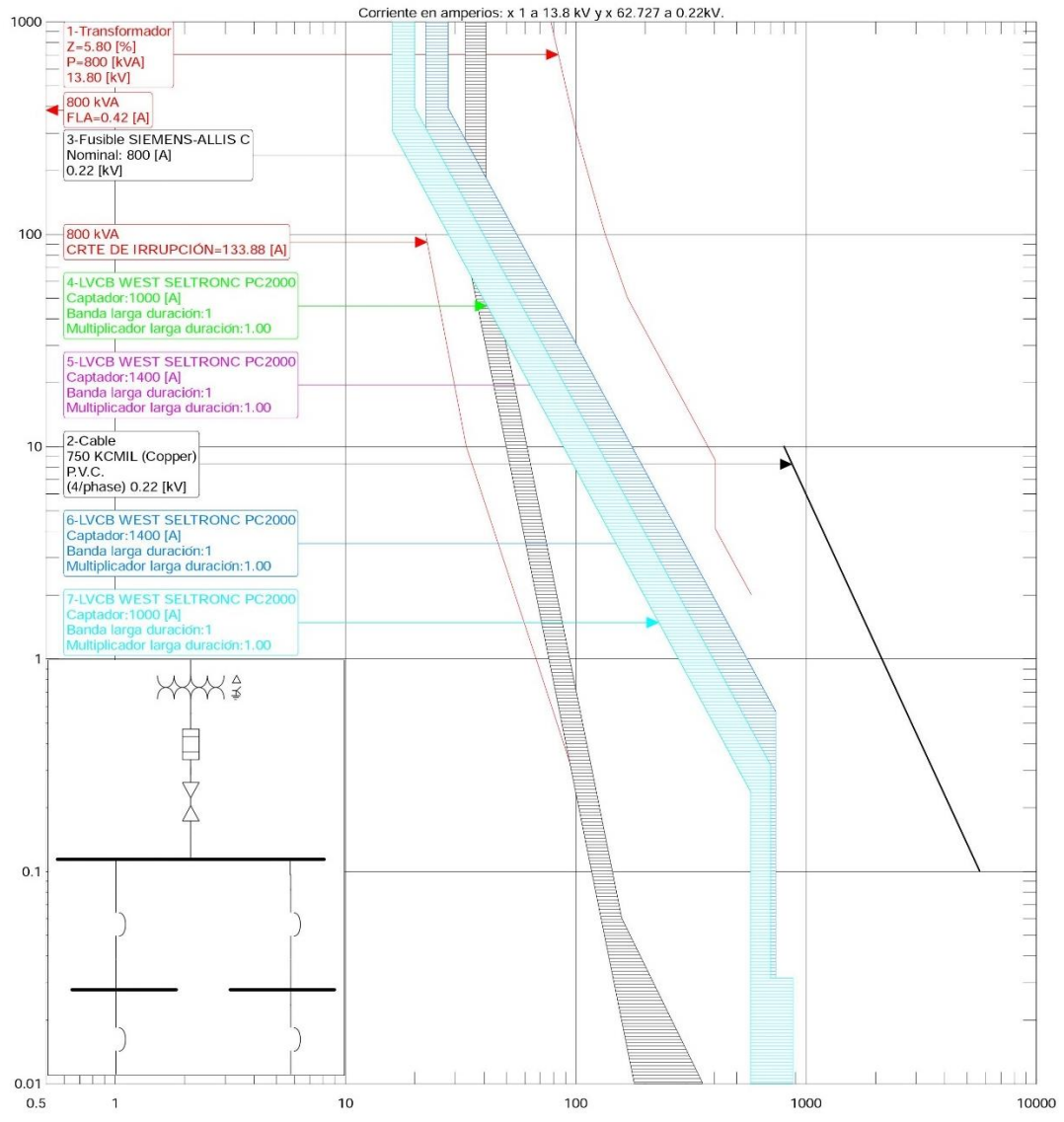
INDICE DE ARMONICOS DE CORRIENET THDA COMPARADOS CON LA NORMA IEEEStd519-2014

| ORDEN (n) DE LA ARMONICA Y THDA | A            | B            | C            | total        | Neutro       | 20<50    |
|---------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----------|
| <b>3≤h&lt;11</b>                |              |              |              |              |              |          |
| 3                               | 8,22         | 8,93         | 4,37         | 7,05         | 411,75       | 7        |
| 5                               | 5,95         | 4,15         | 3,58         | 4,50         | 32,04        | 7        |
| 7                               | 1,86         | 1,70         | 1,06         | 1,46         | 26,46        | 7        |
| 9                               | 0,55         | 1,04         | 0,72         | 0,73         | 47,80        | 7        |
| <b>11≤h&lt;17</b>               |              |              |              |              |              | 0        |
| 11                              | 0,53         | 0,46         | 0,32         | 0,39         | 3,77         | 3,5      |
| 13                              | 0,62         | 0,57         | 0,34         | 0,50         | 2,68         | 3,5      |
| 15                              | 0,08         | 0,01         | 0,04         | 0,03         | 8,44         | 3,5      |
| <b>17≤h&lt;23</b>               |              |              |              |              |              | 0        |
| 17                              | 0,16         | 0,12         | 0,05         | 0,10         | 0,64         | 2,5      |
| 19                              | 0,21         | 0,26         | 0,21         | 0,21         | 0,63         | 2,5      |
| 21                              | 0,15         | 0,01         | 0,07         | 0,08         | 4,03         | 2,5      |
| <b>23≤h&lt;35</b>               |              |              |              |              |              | 0        |
| 23                              | 0,02         | 0,04         | 0,02         | 0,02         | 0,00         | 1        |
| 25                              | 0,08         | 0,11         | 0,05         | 0,07         | 0,24         | 1        |
| 27                              | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 1        |
| 29                              | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 1        |
| 31                              | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 1        |
| 33                              | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 1        |
| <b>35≤h≤50</b>                  |              |              |              |              |              | 0        |
| 35                              | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,5      |
| 37                              | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,5      |
| 39                              | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,5      |
| 41                              | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,5      |
| 43                              | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,5      |
| 45                              | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,5      |
| 47                              | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,5      |
| 49                              | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,5      |
| <b>TDD</b>                      | <b>14,35</b> | <b>14,32</b> | <b>13,10</b> | <b>13,82</b> | <b>99,87</b> | <b>8</b> |



# ANEXO 18 CURVAS DE PROTECCION DEL FUSIBLE NH Y TABLERO ELÉCTRICO GENERAL, PRINCIPAL DEL HOSPITAL ACTUAL Y PROPUESTO

## ESTADO ACTUAL



# PROPUESTA

