



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 DEL ALIMENTADOR N° 3 DE LA SUBESTACIÓN EL
CALVARIO–BARRA DE ENTRADA A 13,8 kV DEL HOSPITAL
GENERAL DE LATAACUNGA CON EL INGRESO DE CARGAS
PROYECTADAS, UTILIZANDO EL PROGRAMA DE
SIMULACIÓN NEPLAN”**

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

AUTOR:

MARCIAL MEDINA RODRIGO SANTIAGO

DIRECTOR DE TESIS:

ING. MIGUEL ÁNGEL LUCIO CASTRO

ASESOR METODOLÓGICO:

LIC. SUSANA PALLASCO

LATAACUNGA – ECUADOR

FEBRERO 2015



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, el postulante:

- **Marcial Medina Rodrigo Santiago**


Con la tesis, cuyo título es: “ANÁLISIS DEL ALIMENTADOR N° 3 DE LA SUBESTACIÓN EL CALVARIO–BARRA DE ENTRADA A 13,8 kV DEL HOSPITAL GENERAL DE LATACUNGA CON EL INGRESO DE CARGAS PROYECTADAS, UTILIZANDO EL PROGRAMA DE SIMULACIÓN NEPLAN”


Ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido 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, febrero del 2015.

Para constancia firman:


ING. XAVIER PROAÑO
PRESIDENTE


ING. VICENTE QUISPE
OPOSITOR


DR. GALO TERÁN
MIEMBRO


ING. MIGUEL ÁNGEL LUCIO
TUTOR (DIRECTOR)

AUTORÍA

Yo, Marcial Medina Rodrigo Santiago declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional.

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



Marcial Medina Rodrigo Santiago
C.I. 1804238614

CERTIFICACIÓN:

**HONORABLE CONSEJO ACADÉMICO DE LA UNIVERSIDAD
TÉCNICA DE COTOPAXI.**

De mi consideración:

Cumpliendo con lo estipulado en el Reglamento del Curso Profesional de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Capítulo V, (Art. 9 literal f), me permito informar que el postulante Marcial Medina Rodrigo Santiago, ha desarrollado su Tesis de Grado de acuerdo al planteamiento formulado en el Anteproyecto de Tesis con el tema: **“ANÁLISIS DEL ALIMENTADOR N° 3 DE LA SUBESTACIÓN EL CALVARIO–BARRA DE ENTRADA A 13,8 kV DEL HOSPITAL GENERAL DE LATACUNGA, CON EL INGRESO DE CARGAS PROYECTADAS, UTILIZANDO EL PROGRAMA DE SIMULACIÓN NEPLAN”**, cumpliendo sus objetivos respectivos.

En virtud de lo antes expuesto, considero que la presente Tesis de Grado se encuentra habilitada para presentarse al acto de defensa.

Latacunga, febrero del 2015.

EL DIRECTOR



.....
Ing. Miguel A. Lucio Castro

C.C. 1704731908
DIRECTOR DE TESIS

CERTIFICACIÓN DEL ASESOR METODOLÓGICO

En calidad de Asesor del trabajo de investigación sobre el tema:

“ANÁLISIS DEL ALIMENTADOR N° 3 DE LA SUBESTACIÓN EL CALVARIO–BARRA DE ENTRADA A 13,8 kV DEL HOSPITAL GENERAL DE LATACUNGA CON EL INGRESO DE CARGAS PROYECTADAS, UTILIZANDO EL PROGRAMA DE SIMULACIÓN NEPLAN”

Del Sr. Marcial Medina Rodrigo Santiago, postulante de la carrera de Ingeniería Eléctrica en Sistemas Eléctricos de Potencia.

Una vez revisado el documento entregado a mi persona, considero que dicho informe investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aporte Científico-Técnicos para presentarse al acto de defensa de tesis ante el Tribunal que la Comisión de Investigación de la Unidad Académica de Ciencias Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, febrero del 2015.



.....
Lic. Mirian Susana Pallasco

C.C. 05018628874

ASESOR METODOLÓGICO DE TESIS

CERTIFICACIÓN DE LA EMPRESA

En calidad de Jefe del grupo de trabajo Latacunga-Sigchos del Cuerpo de Ingenieros del Ejército, certifico que el señor **Marcial Medina Rodrigo Santiago**, portador de la cédula de ciudadanía **1804238614** realizó la Tesis de Grado con el tema “ANÁLISIS DEL ALIMENTADOR N° 3 DE LA SUBESTACIÓN EL CALVARIO–BARRA DE ENTRADA A 13,8 kV DEL HOSPITAL GENERAL DE LATACUNGA, CON EL INGRESO DE CARGAS PROYECTADAS, UTILIZANDO EL PROGRAMA DE SIMULACIÓN NEPLAN” bajo la dirección de la institución.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad, facultando al interesado, hacer uso de este documento en forma de que estimen conveniente.

Latacunga, 23 de febrero del 2015

Atte.


C.I: 1002104287

Capitan Edison Gudino

CEE



DEDICATORIA

La presente investigación servirá de base para la estimación de centros de transformación hospitales del Ecuador y estudio de proyección de la demanda en alimentadores primarios con software de simulación; y está dedicada al Cuerpo de Ingenieros del Ejército grupo de trabajo Latacunga-Sigchos, a los estudiantes y personas que hagan buen uso del estudio.

Santiago Marcial...

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento infinito a mis padres y hermana por el apoyo económico y moral, al Cuerpo de Ingenieros del Ejército grupo de trabajo Latacunga-Sigchos por su apertura, a la Empresa Eléctrica Cotopaxi S.A. por las facilidades que me ha dado para llevar a cabo esta investigación. Al Ing. Ernesto Abril, Xavier Proaño y Franklin Medina por su colaboración para el presente trabajo investigativo. Al Ing. Miguel Lucio Castro, tutor del trabajo por su disponibilidad y apoyo durante el proceso de elaboración de este proyecto de investigación.

A todos quienes han compartido buenos y malos momentos durante el transcurso de mi vida tanto personal como profesional, ha sido un honor conocerlos, expreso mi infinito agradecimiento.

Santiago Marcial...

ÍNDICE GENERAL

CAPITULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes investigativos.....	1
1.2. Categorías Fundamentales.....	4
1.2.1. Marco conceptual de la variable independiente.....	4
1.2.1.1. Sistema eléctrico de distribución.....	4
1.2.1.2. Configuración de la distribución primaria.....	6
1.2.1.3. Distribución aérea.....	13
1.2.1.4. Distribución subterránea.....	18
1.2.1.5. Cargas eléctricas del sistema de distribución.....	21
1.2.1.6. Flujo de potencia.....	24
1.2.1.7. Software de simulación.....	27
1.2.2. Marco conceptual de la variable dependiente.....	31
1.2.2.1. Calidad de servicio eléctrico de distribución.....	31
1.2.2.2. Establecimientos de salud.....	34

CAPITULO II

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

2.1. Aspectos Generales del Hospital Provincial General de Latacunga.....	39
2.1.1. Antecedentes Históricos.....	39
2.1.2. Situación actual.....	40
2.1.3. Mision.....	41
2.1.4. Vision.....	41
2.2. Metodología para el desarrollo del estudio.....	42
2.2.1. Levantamiento de información.....	42
2.2.2. Análisis de los parámetros de campo.....	43
2.2.2.1. Curva de carga del alimentador CVS3.....	44
2.2.2.2. Cargabilidad en transformadores del alimentador CVS3...	46
2.2.2.3. Utilización del transformador de la S/E El Calvario.....	50
2.2.2.4. Utilización del transformador de la S/E La Cocha.....	53
2.2.2.5. Factores de escalamiento del alimentador CVS3 para el ingreso al programa NEPLAN considerando PEC.....	55
2.2.2.6. Curvas de carga del Hospital General de Latacunga.....	61
2.2.2.7. Factores de escalamiento del Hospital General de Latacunga para el ingreso al programa NEPLAN.....	70
2.2.3. Ingreso del diagrama unifilar al software NEPLAN.....	76
2.3. Cálculo de la población y muestra.....	91
2.4. Hipótesis.....	92
2.5. Variables de investigación.....	92

2.6. Indicadores.....	92
2.7.Operacionalización de las variables.....	93
2.7.1.Operacionalización de la variable independiente.....	93
2.7.2.Operacionalización de la variable dependiente.....	94
2.8.Análisis del abastecimiento energético al Hospital Provincial General de Latacunga.....	95
2.8.1.Situación actual del abastecimiento energético.....	95
2.8.2.Análisis del abastecimiento energético al Hospital Provincial General de Latacunga con el ingreso de cargas proyectadas.....	98
2.9.Verificación de la Hipótesis.....	103

CAPITULO III

PROPUESTA

3.1. Presentación de la propuesta.....	104
3.2. Justificación.....	105
3.3. Objetivos de la propuesta.....	107
3.3.1.Objetivo general.....	107
3.3.2.Objetivos específicos.....	107
3.4.Alcance.....	108
3.5.Análisis de factibilidad.....	108
3.5.1.Aspecto administrativo.....	108
3.5.2.Aspecto técnico.....	109
3.5.3.Aspecto operacional.....	109
3.5.4.Fundamentación Legal.....	110
3.6.Desarrollo de la propuesta.....	112
3.6.1. Desconexión de un transformador principal de 750 kVA.....	112
3.6.2.Conexión del tablero de Rayos X al grupo electrógeno y puesta en paralelo de la generación de emergencia.....	121
3.6.3.Cierre de una parte del Alimentador CVS3en la barra de medio voltaje del Hospital General de Latacunga.....	125
3.6.4.Presupuesto total de la propuesta.....	131
3.7.Conclusiones y recomendaciones de la propuesta.....	132
3.7.1.Conclusiones.....	132
3.7.2.Recomendaciones.....	134

BIBLIOGRAFÍA.....	137
-------------------	-----

ANEXOS.....	142
-------------	-----

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. Visión general de un sistema eléctrico de potencia desde la generación de la energía hasta la entrega al usuario final.....	5
FIGURA 2. Formas de distribución primaria radial comúnmente utilizadas	9
FIGURA 3. Dos circuitos radiales con seccionamiento normalmente abierto entre ellos.....	10
FIGURA 4. Arreglo de lazo de distribución primaria.....	11
FIGURA 5. Forma de un sistema de distribución en anillo.....	12
FIGURA 6. Estructuras trifásicas aéreas normalmente utilizadas en distribución.....	14
FIGURA 7. Conductor ACSR sección transversal de un conductor con refuerzo de acero con 7 hilos de acero y 24 de aluminio.....	18
FIGURA 8. Cable neutro concéntrico, normalmente utilizado para la entrega de potencia subterránea residencial.....	21
FIGURA 9. Curvas de carga día pico de verano y de invierno; en el sur de EE.UU. y un sistema rural de nueva Inglaterra.....	24
FIGURA 10. Características de la ventana de interfaz con el usuario.....	30
FIGURA 11. Requisitos mínimos en hospitales con capacidad instalada mayor a 150kvVA.....	37
FIGURA 12. Curvas de carga típicas para usuarios residenciales y comerciales.....	44
FIGURA 13. Curva de carga diaria del alimentador CVS3 aplicando histograma de frecuencias.....	45
FIGURA 14. Curva de penetración de cocinas en el SIN.....	55
FIGURA 15. Curva de cargas Westinghouse.....	56
FIGURA 16. Perfil de carga asociado al uso de la cocina de inducción en la Región Sierra.....	57
FIGURA 17. Curva característica de carga de cocinas a inducción.....	58
FIGURA 18. Curva del alimentador CVS3 con entrada de cocinas a inducción.....	59
FIGURA 19. Cámara de transformación del hospital general de Latacunga con el analizador de carga fluke 1735 instalado en el transformador de 112,5 kVA de imagenología.....	62
FIGURA 20. Analizadores de carga utilizados en el estudio.....	63
FIGURA 21. Curva de carga diaria del transformador principal del Hospital General de Latacunga aplicando histograma de frecuencias.....	64
FIGURA 22. Curva de potencia media registrada del 27/10/2014 al 04/11/2014 tomada del Software Power Log 2.9.....	66
FIGURA 23. Curva de potencia máxima registrada del 27/10/2014 al 04/11/2014 tomada del Software Power Log 2.9.....	67
FIGURA 24. Curva de factor de potencia media registrada del 27/10/2014 al 04/11/2014 tomada del Software Power Log 2.9.....	68
FIGURA 25. Relación número de camas y la demanda de un establecimiento de salud.....	74
FIGURA 26. Parámetros de un nodo de medio voltaje.....	77

FIGURA 27. Ejemplo de cálculo de impedancia de conductor utilizando torres.....	78
FIGURA 28. Parámetros a llenar de un transformador trifásico.....	83
FIGURA 29. Modelo de transformadores asimétricos de NEPLAN.....	84
FIGURA 30. Parámetros a llenar de un transformador asimétrico.....	85
FIGURA 31. Parámetros a llenar del equivalente de red.....	86
FIGURA 32. Parámetros de carga.....	87
FIGURA 33. Factores de escalamiento diario con la curva de carga actual del alimentador CVS3.....	88
FIGURA 34. Factores de escalamiento anual para el alimentador CVS3 considerando cocinas de inducción.....	89
FIGURA 35. Factores de escalamiento definidos por el usuario.....	90
FIGURA 36. Pérdidas y eficiencia en transformadores.....	113
FIGURA 37. Diagrama unifilar del funcionamiento del repotenciado hospital general de Latacunga con un transformador principal.....	114
FIGURA 38. Diagrama unifilar del repotenciado Hospital General de Latacunga con el grupo electrógeno funcionando en paralelo y con la conexión del tablero de Rayos X.....	122
FIGURA 37. Cierre del alimentador CVS3 en la barra de medio voltaje del Hospital Provincial General de Latacunga con la red aérea de la calle Marquez de Maenza.....	125
FIGURA 40. Detalle del cierre de una parte del Alimentador CVS3.....	126

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. Categoría de clientes y uso final de la energía.....	23
TABLA 2. Tipos de barras consideradas en un SEP.....	26
TABLA 3. Variaciones de voltaje admitidas con respecto al valor del voltaje nominal.....	33
TABLA 4. Capacidad instalada actual del alimentador 3 de la subestación El Calvario.....	48
TABLA 5. Cargabilidad de transformadores del alimentador CVS3.....	49
TABLA 6. Demanda máxima más probable kVA, S/E El Calvario.....	51
TABLA 7. Demanda máxima más probable kVA, S/E La Cocha.....	53
TABLA 8. Demanda coincidente de la cocina de inducción en el alimentador CVS3.....	57
TABLA 9. Factores de escalamiento diario para el ingreso de la curva diaria al programa NEPLAN considerando cocinas de inducción.....	60
TABLA 10. Factores de escalamiento anual para el ingreso al programa NEPLAN considerando programa PEC y proyección tendencial.....	61
TABLA 11. Capacidad instalada actual y utilización del transformador principal del Hospital General de Latacunga.....	65
TABLA 12. Capacidad instalada actual y utilización del transformador de imagenología del Hospital General de Latacunga.....	69
TABLA 13. Capacidad instalada actual y utilización del transformador principal del Hospital del IESS Ambato.....	71
TABLA 14. Factor de demanda general del Hospital General de Latacunga por transformador.....	73
TABLA 15. Valores de escalamiento para el programa de simulación NEPLAN del repotenciado Hospital General de Latacunga.....	75
TABLA 16. Datos de cables de aluminio reforzado con acero (ACSR).....	79
TABLA 17. Datos de impedancia de cables de distribución subterránea (Cu).....	80
TABLA 18. Transformadores trifásicos 15 a 2000 KVA clase medio voltaje ≤ 25 KV, clase bajo voltaje $\leq 1,2$ referidos a 85° C.....	81
TABLA 19. Transformadores monofásicos de 3 a 330 KVA clase medio voltaje ≤ 25 KV (fase-fase), clase bajo voltaje $\leq 1,2$ KV (fase-fase) referidos a 85° C.....	82
TABLA 20. Valores en nodos de medio y bajo voltaje del actual Hospital General de Latacunga.....	97
TABLA 21. Valores en elementos del sistema eléctrico del actual Hospital General de Latacunga.....	97
TABLA 22. Valores de medio voltaje proyectados por el programa NEPLAN, en barras del repotenciado Hospital General de Latacunga.....	99
TABLA 23. Valores de cargabilidad del primer transformador de 750kVA (Bloque A y climatización).....	100
TABLA 24. Valores de cargabilidad del segundo transformador de 750kVA (Bloques B , C).....	100
TABLA 25. Valores de cargabilidad del transformador de 300kVA	

dedicado a imagenología.....	101
TABLA26. Valores de cargabilidad en el conductor que suministra energía a la instalación del repotenciado Hospital General de Latacunga.....	101
TABLA27. Valores de proyección de pérdidas totales en la red del alimentador CVS3.....	102
TABLA28. Pérdidas en vacío y con carga nominal transformador 750 kVA.....	115
TABLA29. Pérdidas reales en el transformador de 750 kVA.....	117
TABLA30. Costos económicos del funcionamiento de un transformador de 750 kVA adicional.....	119
TABLA31. Presupuesto implementación punto 1 de la propuesta.....	120
TABLA32. Presupuesto implementación punto 2 de la propuesta.....	124
TABLA33. Valores de medio voltaje proyectados con la implementación, en barras del repotenciado Hospital General de Latacunga.....	127
TABLA34. Valores de cargabilidad en el conductor subterráneo de alimentación a la instalación del repotenciado Hospital General de Latacunga.....	128
TABLA 35. Valores de cargabilidad en el tramo de red propuesto a ser conectado a la barra de medio voltaje del repotenciado Hospital General de Latacunga.....	128
TABLA 36. Valores de pérdidas en la red con la implementación del nuevo tramo.....	129
TABLA 37. Presupuesto implementación punto 3 de la propuesta.....	129
TABLA 38. Presupuesto total de la propuesta.....	131

ÍNDICE DE FORMULAS

FÓRMULA 1. Potencia aparente.....	47
FÓRMULA 2. Factor de utilización.....	47
FÓRMULA 3. Pérdidas en el cobre.....	116
FÓRMULA 4. Pérdidas totales de un transformador.....	116
FÓRMULA 5. Pérdidas de energía en transformadores.....	118

RESUMEN

El presente trabajo investigativo describe los efectos sobre la barra de medio voltaje del repotenciado Hospital General de Latacunga al ingresar nuevas cargas en un periodo de tiempo de ocho años a partir del 2014 al alimentador CVS3 de la subestación el Calvario de la Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi ELEPCO S.A.; Con el uso del programa de simulación eléctrica NEPLAN, se muestran las variaciones de cargabilidad a través del tiempo en transformadores y conductores del alimentador, así como variaciones de voltaje en cada barra del sistema, centrándose el estudio mayormente en los elementos próximos al establecimiento de salud para verificar su suministro energético. Se establecen los factores de utilización para los transformadores del actual Hospital General de Latacunga y los factores de demanda para la carga asignada a cada transformador, los datos de demanda necesarios se obtuvieron mediante la instalación de equipos analizadores de carga en los dos transformadores que abastecen al establecimiento de salud por un periodo de siete días continuos e intervalos de medición de diez minutos. Se proyectan los factores de utilización para los dos transformadores principales que abastecerán la demanda del repotenciado Hospital General de Latacunga con antecedentes reales y cercanos a la realidad de la región. En base a la proyección de la cargabilidad en los dos transformadores principales que abastecerán la demanda del repotenciado hospital, se proponen medidas para reducir el consumo de energía y pérdidas a través del uso eficiente de los transformadores. Además se proponen cambios a una parte de la red del alimentador CVS3 para modificar la configuración radial o una configuración en anillo que mejore la continuidad de suministro energético y regulación de voltaje hacia el establecimiento de salud.

DESCRIPTORES: FACTOR DE DEMANDA EN HOSPITALES, FACTOR DE UTILIZACIÓN EN TRANSFORMADORES DE HOSPITALES, PROYECCIÓN DE DEMANDA, SISTEMA ELÉCTRICO DE DISTRIBUCIÓN, SIMULACIÓN ELÉCTRICA, NEPLAN.

ABSTRACT

This project describes the effects about the medium voltage bus of the repowered "Hospital General de Latacunga" to enter new charges in a period of eight years from 2014 to CVS3 feeder of "El Calvario" substation of the "Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi" (ELEPCO S.A.); With the use of electrical simulation program NEPLAN, chargeability variations are shown over time in transformers and feeder, conductors, and voltage variations on each system bus, focusing the study mostly on the next elements to the health institution to verify its supply energy. It sets utilization factors for the transformers at the current "Hospital General de Latacunga" and demand factors for the assigned load to each transformer; the necessary demand data was obtained through an equipment installation of charge analyzers in the two transformers that supply energy to health institution, in an uninterrupted period of seven days with measuring intervals of ten minutes. Utilization factors are projected for the two main transformers that will supply the demand of the repowered "Hospital General de Latacunga" with real and close region precedent. Based on chargeability projection in the two principal transformers that will supply energy to mentioned hospital, it proposes alternatives to reduce the energy consumption and losses through the efficient use of transformers. Also, it proposes changes for a part of the electrical network of the CVS3 feeder to modify the radial configuration or a configuration in a closed-loop to improve the energetic supply continuity and the voltage regulation toward the health institution.

KEYWORDS: DEMAND FACTOR IN HOSPITALS, UTILIZATION FACTOR IN TRANSFORMERS OF HOSPITALS, DEMAND PROJECTION, ELECTRICAL DISTRIBUTION SYSTEM, ELECTRIC SIMULATION, NEPLAN.

AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente de la Carrera de Ciencias de la Educación, Mención Inglés de la Universidad Técnica de Cotopaxi. Certifico, que he realizado la revisión del Abstract, de la tesis elaborada por el estudiante: Marcial Medina Rodrigo Santiago: **“ANÁLISIS DEL ALIMENTADOR N° 3 DE LA SUBESTACIÓN EL CALVARIO–BARRA DE ENTRADA A 13,8 kV DEL HOSPITAL GENERAL DE LATACUNGA, CON EL INGRESO DE CARGAS PROYECTADAS, UTILIZANDO EL PROGRAMA DE SIMULACIÓN NEPLAN”**, el mismo que cumple con requerimientos técnicos gramaticales del idioma Inglés.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad; pudiendo hacer uso de la presente para los fines legales pertinentes.

Latacunga, 23 de febrero del 2015



Lic.MSc. Nelly Patricia Mena Vargas
C.I. 0501574297

INTRODUCCIÓN

El estudio y proyección de la entrada en funcionamiento de una nueva carga solo se puede hacer con el conocimiento del resto de la red que la abastece, si existe la capacidad suficiente en generación, en el transformador de la subestación, el conductor de donde se piensa realizar la conexión o acometida soportara las nuevas corrientes, la caída de voltaje hasta el nodo de conexión está dentro de la tolerancia permitida, si existen cargas proyectadas adicionales a la que entrara al sistema, todas estas incógnitas se incrementan si se trata de abastecer la demanda de un nuevo establecimiento de salud, ya que adicional a las preocupaciones mencionadas la continuidad del suministro energético juega un papel importante en el abastecimiento eléctrico.

La investigación está constituida de tres capítulos, el capítulo I está dedicado al Marco Teórico donde se trata de manera general la fundamentación teórica de la investigación relacionada con: configuraciones aplicables al sistema de distribución del alimentador CVS3 de ELEPCO S.A., redes aéreas y subterráneas, cargas, flujos de potencia, regulación vigente para el control de producto, y sistema eléctrico de hospitales.

El desarrollo de la Metodología se presenta en el capítulo II, mediante la investigación de campo en conjunto con la investigación experimental, se realizara el análisis e interpretación de la información para que pueda ser ingresada al programa de simulación eléctrica NEPLAN, con los resultados que arroja la simulación se podrá evaluar las condiciones actuales de suministro, comprobar la hipótesis y plantear la propuesta.

En el capítulo III se desarrolla la propuesta del tema de investigación, con lo cual se plantean cambios para reducir el consumo de energía mediante uso eficiente de transformadores en el repotenciado Hospital General de Latacunga y mejorar la continuidad de suministro eléctrico a la instalación, se realiza el análisis técnico y económico de la propuesta.

CAPÍTULO I

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

1.1. Antecedentes Investigativos

En la biblioteca de la unidad académica de CIYA de la Universidad Técnica de Cotopaxi se tiene acceso a las tesis de la carrera de ingeniería eléctrica, de estas se ha escogido las de mayor interés para el estudio, además se obtuvo información de tesis publicadas en el repositorio digital de la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de la Escuela Politécnica Nacional, y del repositorio digital de la Facultad de Educación Ciencia y Tecnología de la Universidad Técnica del Norte.

A continuación se nombrará algunos trabajos utilizados como antecedente en la presente investigación:

Según **Luis Aguirre y Germán Herrera (2010:126)**, en su tesis denominada 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, manifiesta:



Las pérdidas en vacío de los transformadores de distribución son constantes por cuanto no dependen de la carga, en cambio las pérdidas en el devanado son proporcionales a la carga. Por esta razón este trabajo de investigación hace un estudio sobre “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”

Según **Hugo Santacruz (2010:86)**, en su tesis denominada Análisis energético para determinar los correctivos a los disturbios eléctricos en las instalaciones de la planta de producción textil san miguel de empresas “PINTO S.A” dentro del área de concesión de la Empresa Regional Norte S.A., manifiesta:

Las proyecciones en el incremento de maquinaria, dentro de una fábrica, inciden en seleccionar transformadores con capacidades mucho más altas que las que realmente son necesarias, lo que generalmente se conoce como sobredimensionamiento de los transformadores, lo cual muchas veces genera pérdidas innecesarias de recursos económicos. Por esta razón este trabajo de investigación hace un estudio sobre “Análisis energético para determinar los correctivos a los disturbios eléctricos en las instalaciones de la planta de producción textil san miguel de empresas “PINTO S.A” dentro del área de concesión de la Empresa Regional Norte S.A.”

Según **José Martínez (1980:33)**, en su tesis denominada factor de demanda practico en instalaciones eléctricas de hospitales, manifiesta:

A todo receptor aprovechado al máximo se atribuye un factor de demanda $fd=1$. Cuanto, mayor sea el número de receptores existentes, tanto menor será la probabilidad de que todos trabajen simultáneamente a su plena potencia nominal. De ello se deduce,

para el dimensionamiento de las instalaciones, que el factor de demanda es cada vez más pequeño a medida que se progresa hacia la conexión de la línea de suministro eléctrico. Por esta razón este trabajo de investigación hace un estudio sobre “Factor de demanda practico en instalaciones eléctricas de hospitales”

Para **Jorge Núñez (2011:112)**, en su tesis denominada Evaluación y diagnóstico del sistema eléctrico del Hospital Provincial General de Latacunga, manifiesta:

Este tipo de usuario, no residencial, no industrial, tiene comportamientos diferentes en consumos de energía, utilización de máquinas y equipos que básicamente depende de las probabilidades de ocurrencia de eventos relacionados a la salud, lo cual hace que todo diagnóstico energético sea distinto, presentando nuevos problemas a los que hay que considerar soluciones óptimas tanto técnicas como económicas. Por esta razón este trabajo de investigación hace un estudio sobre “Evaluación y diagnóstico del sistema eléctrico del hospital provincial general de Latacunga”

En síntesis el escoger valores coherentes de factores para diseño según el tipo de instalación es importante para no caer en subdimensionamientos o sobredimensionamientos, y pagar luego económicamente por el gasto innecesario de materiales de mayor capacidad, como en daños de equipos o disminución de la vida útil de la instalación, deterioro prematuro del aislamiento de conductores pudiendo provocar daños a las personas que tengan contacto directo con los conductores. Una práctica común es sobredimensionar los transformadores con el fin de proyectar su utilización en el tiempo, pudiendo nunca llegar a utilizar toda su capacidad lo que conllevara pagar por las pérdidas con carga producidas por un transformador sobredimensionado durante toda su vida útil.

1.2. Categorías Fundamentales

1.2.1. Marco conceptual de la variable independiente

“Entrada de cargas proyectadas”

1.2.1.1. Sistema eléctrico de distribución

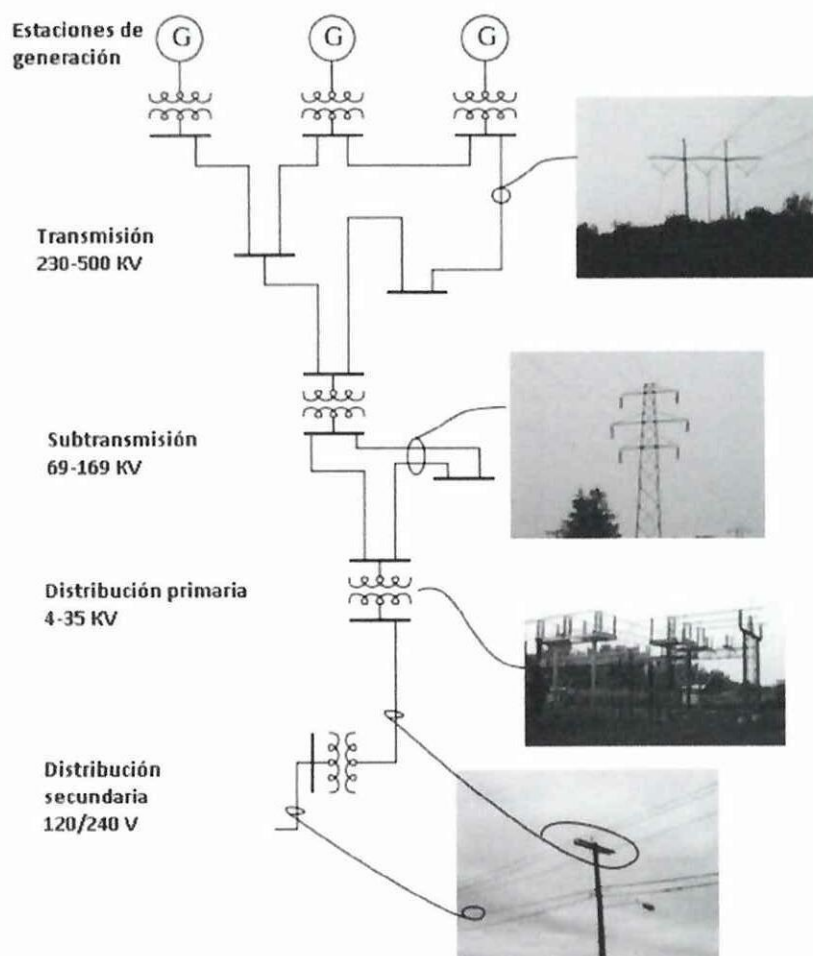
La distribución de energía eléctrica es la parte de la infraestructura de un sistema eléctrico de potencia que lleva la electricidad de los circuitos de transmisión de alto voltaje y lo entrega a los clientes. Las líneas de distribución primarias son circuitos de medio voltaje, que operan a valores de 6,3 KV; 13,2 (13,8) KV y 22 KV. En una subestación de distribución, su transformador toma el voltaje a nivel de subtransmisión (localmente 69 kV), disminuye su magnitud y lo entrega a varios circuitos primarios de distribución que se extienden desde dicha subestación.

Cerca de cada usuario final, un transformador de distribución toma el voltaje de distribución primaria y lo disminuye a un bajo voltaje correspondiente a un circuito secundario que para Ecuador es de 120; 127/240 V u otros voltajes de utilización a nivel industrial. Desde el transformador de distribución, los circuitos de distribución secundarios se conectan al usuario final donde la conexión se realiza a la entrada de servicio.

La infraestructura de distribución es un monopolio natural dentro de la zona de concesión de cada distribuidora, al igual que con el suministro de agua o el alcantarillado o en otros servicios públicos, es difícil imaginar que se puedan duplicar grandes sistemas para que proporcionen una verdadera competencia, por lo que la distribución es altamente regulada. Varias entidades pueden poseer o administrar los sistemas de distribución: los gobiernos municipales, agencias estatales, las

cooperativas rurales, o ser propiedad de inversionistas; las grandes instalaciones industriales a menudo necesitan sus propios sistemas de distribución.

FIGURA 1. VISION GENERAL DE UN SISTEMA ELÉCTRICO DE POTENCIA DESDE LA GENERACIÓN DE LA ENERGÍA HASTA LA ENTREGA AL USUARIO FINAL



Fuente: Electric Power Distribution handbook (13-06-2014)

La **Figura 1** muestra una visión general de la infraestructura de un sistema eléctrico de potencia desde la generación de energía hasta la entrega al usuario final y el lugar donde encaja la distribución.

En este contexto la empresa distribuidora que provee del suministro energético al Hospital General de Latacunga es ELEPCO S.A., y sus niveles de voltaje normalizados en su área de concesión son:

- Para la distribución primaria trifásica 13,8 KV
- Para la distribución primaria monofásica 7,97 KV
- Para la distribución secundaria trifásica 208/121 V; 220/127 V
- Para la distribución secundaria monofásica 240/120 V

1.2.1.2. Configuración de la distribución primaria

Los circuitos de distribución vienen en muchas longitudes de circuito y configuraciones diferentes. La mayoría comparten muchas características comunes.

Según **SHORT, Tom (2004:22)**; *"Un alimentador es uno de los circuitos que salen de la subestación de distribución. El alimentador principal es la columna vertebral de tres fases del circuito, que a menudo se denomina línea principal, normalmente formado de un modesto gran conductor de aluminio. Las ramificaciones de la red comprenden uno o más ramales laterales. Estos ramales pueden ser de una sola fase, de dos fases, o de tres fases. Los ramales tienen normalmente fusibles para separarlos de la línea principal si entran en falla. Los primarios de distribución más comunes son de cuatro hilos, sistemas multi-aterrizados: conductores trifásicos más neutros multi-aterrizado. Las cargas monofásicas son atendidas por transformadores*

conectados entre una fase y el neutro. El neutro actúa como un conductor de retorno y como una protección de los equipos a tierra, el neutro debe ser aterrizado periódicamente y en todos los equipos. Hay tres configuraciones comúnmente utilizadas en los sistemas de distribución como son: radial, en anillo, mallado y sus correspondientes arreglos".

En opinión personal, la infraestructura de distribución es muy amplia, la electricidad tiene que ser entregada a los clientes concentrados en las ciudades o dispersos en regiones muy remotas, para ello de cada subestación salen los alimentadores primarios a niveles de voltaje normalizados normalmente 13,8 kV, 22 kV trifásicos en el país, que serán reducidos en los centros de transformación para su uso final.

Los conductores de los primarios que salen de las subestaciones son robustos por que la longitud de los circuitos puede llegar a varios kilómetros o hasta que lo permita la tolerancia de caída de voltaje y en la cabecera el conductor tiene que soportar las corrientes que demanden las cargas hasta cada final de circuito.

La configuración elegida para la mayoría de redes aéreas es la radial debido a su simplicidad de construcción, operación y sobre todo al costo, en las redes subterráneas se puede optar por el sistema radial pero con algunos arreglos para mejorar la confiabilidad.

Por su aplicación en el presente estudio se tratará el sistema radial y en anillo.

Sistema de distribución radial

Para **SHORT, Tom (2004:22)**; *Un sistema radial es aquel que tiene un simple camino sin regreso sobre el cual pasa la corriente, parte desde una subestación y se distribuye en forma de rama. La mayoría de los circuitos de distribución son radiales, tanto los*

primarios como secundarios. Los circuitos radiales tienen muchas ventajas sobre los circuitos conectados en red, entre estas tenemos:

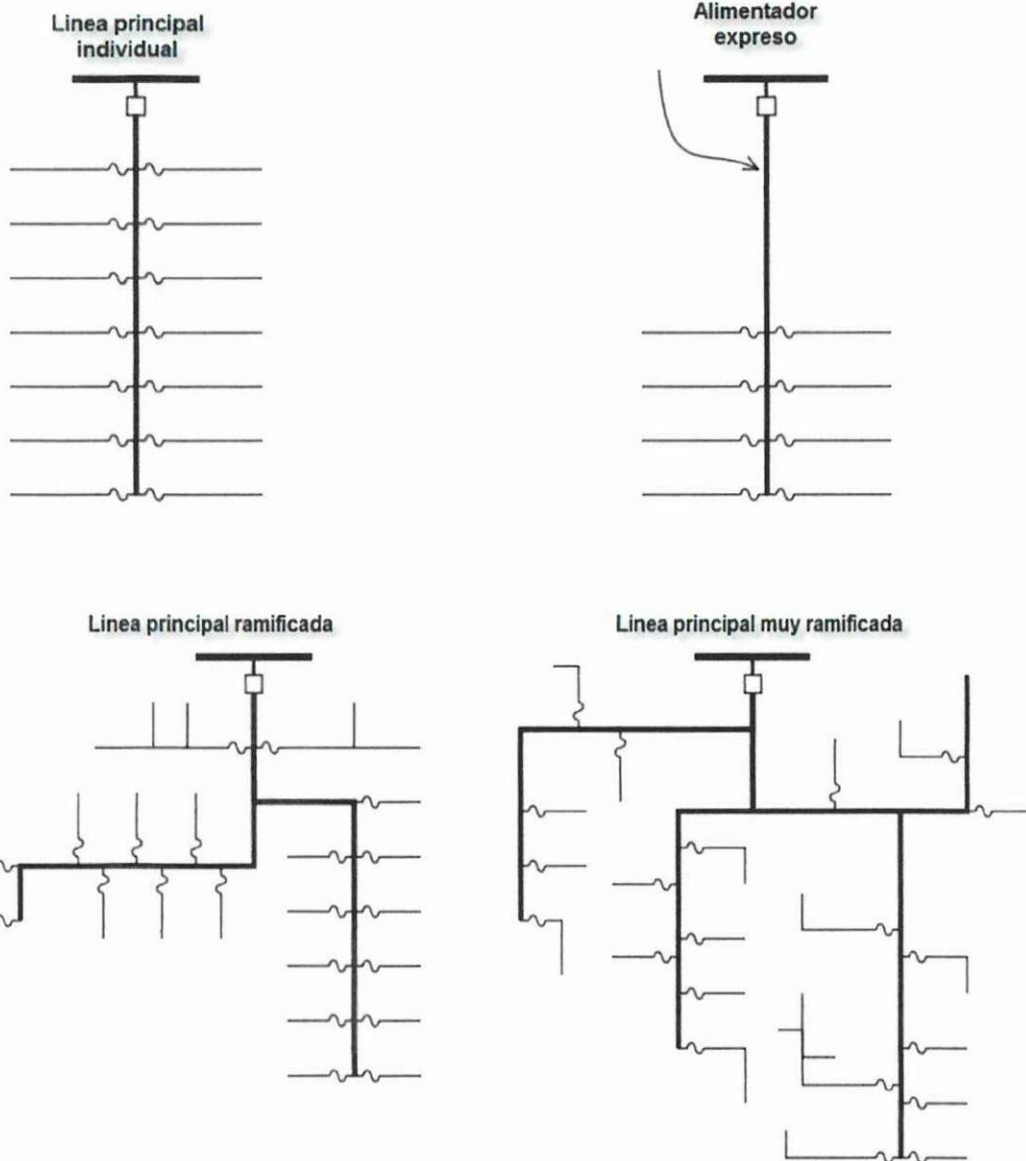
- Fácil protección de corriente de falla*
- Bajas corrientes de falla sobre la mayoría de los circuitos*
- Fácil control de voltaje*
- Fácil predicción y control de flujos de potencia*
- Menor costo*

En concordancia con lo expuesto anteriormente, la elección de un sistema radial para el Alimentador N° 3 de la Subestación El Calvario, tanto para su parte aérea como subterránea fue el correcto desde el punto de vista económico, pues los arreglos al sistema radial de la red eléctrica subterránea de la ciudad de Latacunga mejoran la confiabilidad del sistema al existir dos fuentes de energía como son, el Alimentador 3 de la subestación El Calvario y el Alimentador 3 de la Subestación La Cocha, a los que manipulando sus seccionamientos, están dispuestos a suplir las necesidades de una carga importante.

Reconfiguración del sistema de distribución radial

Las posibles reconfiguraciones se indican en la **Figura 2**, donde se puede apreciar las más comúnmente utilizadas. Su aplicación depende de la arquitectura de las calles, la forma del área cubierta por el circuito, los obstáculos (como montañas, quebradas, cruce de ríos, lagos), y del lugar donde se encuentren las concentraciones de carga.

FIGURA 2. FORMAS DE DISTRIBUCIÓN PRIMARIA RADIAL COMÚNMENTE UTILIZADAS



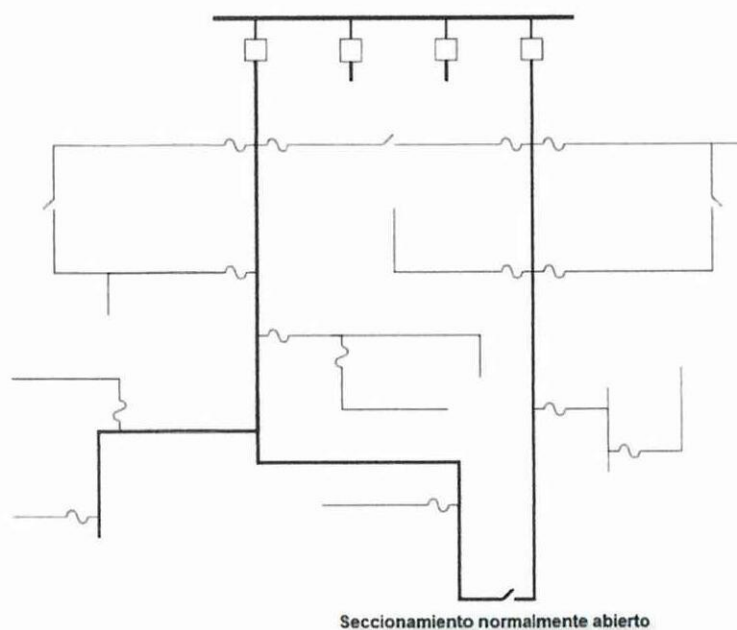
Fuente: Electric Power Distribution handbook (16-06-2014)

Un diseño suburbano común tiene la mayoría del alimentador troncal a lo largo de una calle principal, y sus derivaciones siguiendo las calles secundarias. Los alimentadores

de distribución radiales pueden tener una amplia ramificación, lo importante es llegar a las cargas.

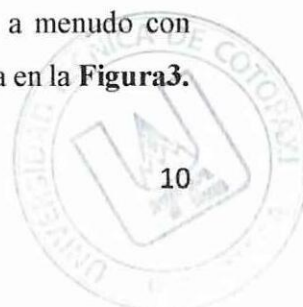
Un alimentador expreso sirve a concentraciones de carga a cierta distancia de la subestación. Una línea principal de tres fases corre una distancia antes de llegar a las cargas de los clientes. Con algunos circuitos saliendo de una subestación, un número de ellos puede ser alimentadores expresos, algunos alimentadores cubren las zonas cercanas a la subestación y los alimentadores expresos sirven áreas más lejanas de la subestación.

FIGURA 3. DOS CIRCUITOS RADIALES CON SECCIONAMIENTO NORMALMENTE ABIERTO ENTRE ELLOS



Fuente: Electric Power Distribution handbook (21-06-2014)

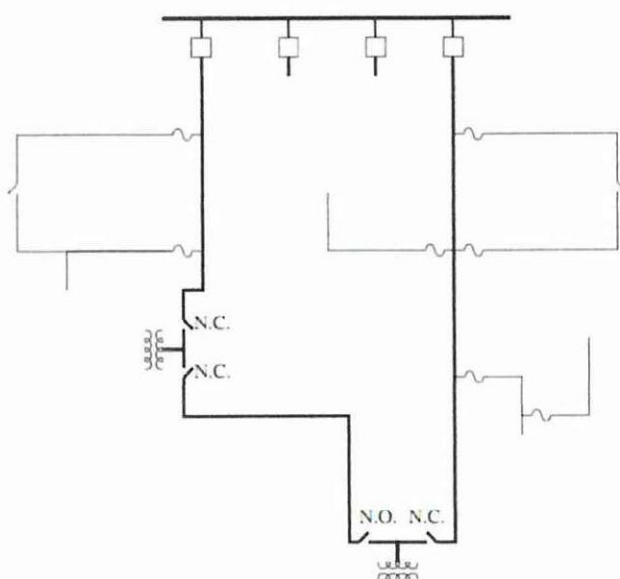
Para mejorar la confiabilidad, los circuitos radiales se proporcionan a menudo con puntos de unión normalmente abiertos a otros circuitos como se muestra en la **Figura3.**



Los circuitos todavía son operados radialmente, pero si se produce un fallo en uno de los circuitos, los interruptores de enlace permiten que alguna porción del circuito de fallo se restablezca rápidamente. Normalmente, estos interruptores son operados manualmente, pero algunas empresas distribuidoras utilizan interruptores automáticos o re conectadores para llevar a cabo estas operaciones de forma automática.

Un sistema de lazo de distribución primario o anillo abierto es un servicio aún más confiable que a veces se ofrece a las cargas críticas como hospitales. La **Figura 4** muestra un ejemplo de un lazo primario. La característica principal es que el circuito está encaminado a prestar el servicio a cada transformador crítico.

FIGURA 4. ARREGLO DE LAZO DE DISTRIBUCIÓN PRIMARIA



Fuente: Electric Power Distribution handbook (21-06-2014)

Si cualquier parte del circuito primario está en falla, todos los clientes críticos todavía se pueden alimentar mediante la reconfiguración de los interruptores del transformador. Este sistema de lazo primario se utiliza en áreas que requieren una alta

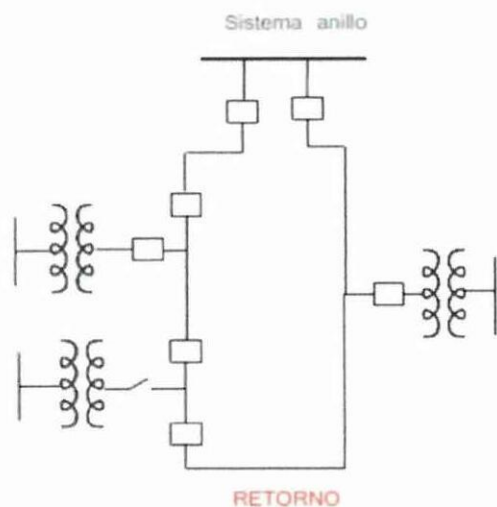
confiabilidad, es decir, limitadas interrupciones de larga duración.

Sistema de distribución en anillo

Según **Juan Ortíz y Celestino Ramírez (2010:5)**; *Un sistema en anillo es aquel que cuenta con más de una trayectoria entre la fuente o fuentes y la carga para proporcionar el servicio de energía eléctrica. Este sistema comienza en la estación central o subestación y hace un “ciclo” completo por el área a abastecer y regresa al punto de donde partió. Lo cual provoca que el área sea abastecida de ambos extremos, permitiendo aislar ciertas secciones en caso de alguna falla.*

El sistema de distribución en anillo, normalmente provee de dos caminos de alimentación a los transformadores de distribución, esta configuración es ofrecida para los transformadores con cargas críticas como hospitales y lugares donde no se pueden tener interrupciones energéticas de larga duración.

FIGURA 5. FORMA DE UN SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN EN ANILLO



Fuente: Tesis Sistemas de Potencia en Media Tensión de Acuerdo a la Norma NOM-001-SEDE-2005 (22-06-2014)

En general, la continuidad del servicio y la regulación de voltaje que ofrece este sistema son mejores que la del sistema radial.

1.2.1.3. Distribución aérea

En nuestro país encontramos estructuras aéreas atravesando carreteras, calles, bosques, quebradas, ríos, lugares de difícil acceso, su relativa fácil adaptación al medio donde se instale ha hecho que muchas de las líneas de distribución que alimentan a los usuarios tengan configuración aérea.

Debido a que las líneas aéreas están expuestas a los árboles, animales, viento, relámpagos, accidentes con automóviles, cometas u otros artefactos, la confiabilidad de los circuitos de distribución son un componente crítico.

Construcciones típicas en la distribución aérea

Las construcciones aéreas utilizan una gran variedad de estructuras tipo fijo, que actualmente están homologadas por el MEER y su uso es obligatorio para todas las empresas distribuidoras del país (ver figura 6). Normalmente un circuito primario lleva un solo alimentador en sus estructuras, sin embargo se puede encontrar en centros poblados dos alimentadores en buen tramo del mismo circuito, esto se da sobre todo por espacio y costo, se ahorra otra enfiladera de postes paralela y a su vez romper la vereda de al frente al momento de la construcción.

Para un circuito de tres fases, lo más común es una disposición horizontal con longitudes de crucetas normalizadas como: 1,50; 2,00 y 2,40 m. Cada forma de las estructuras es distinta según su funcionalidad, se usara una 3CP en tramos rectos hasta

ángulos de 20°, para ángulos máximos de 30° y según el conductor se usa una estructura 3CA, si el ángulo es más pronunciado hasta 60° se utilizara una estructura 3CD, para finalizar un circuito se utilizara una estructura terminal 3CR, las variantes de estas estructuras se dan por la cercanía a viviendas en caso de estructuras en volado.

FIGURA 6. ESTRUCTURAS TRIFÁSICAS AÉREAS NORMALMENTE UTILIZADAS EN DISTRIBUCIÓN.

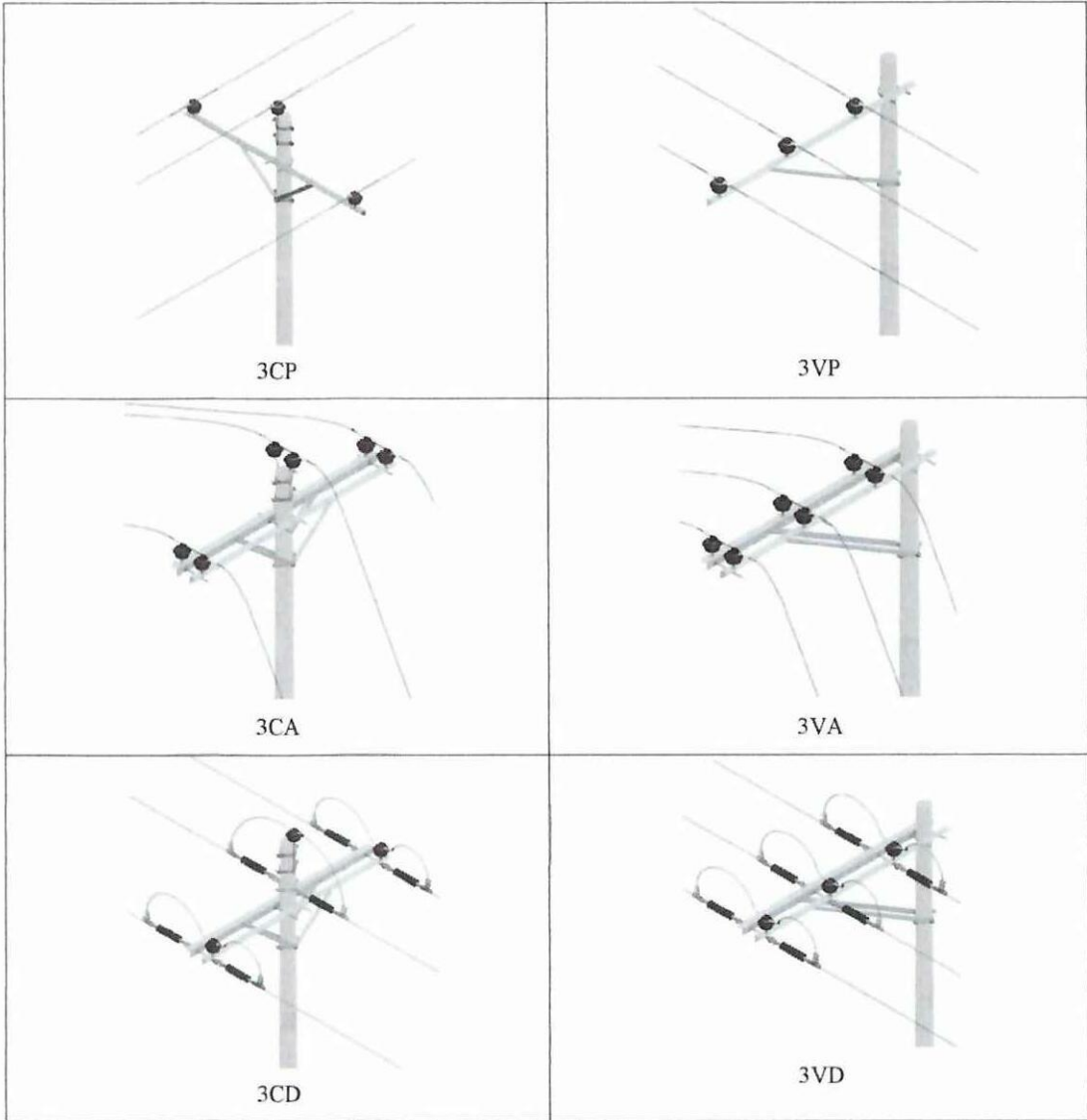
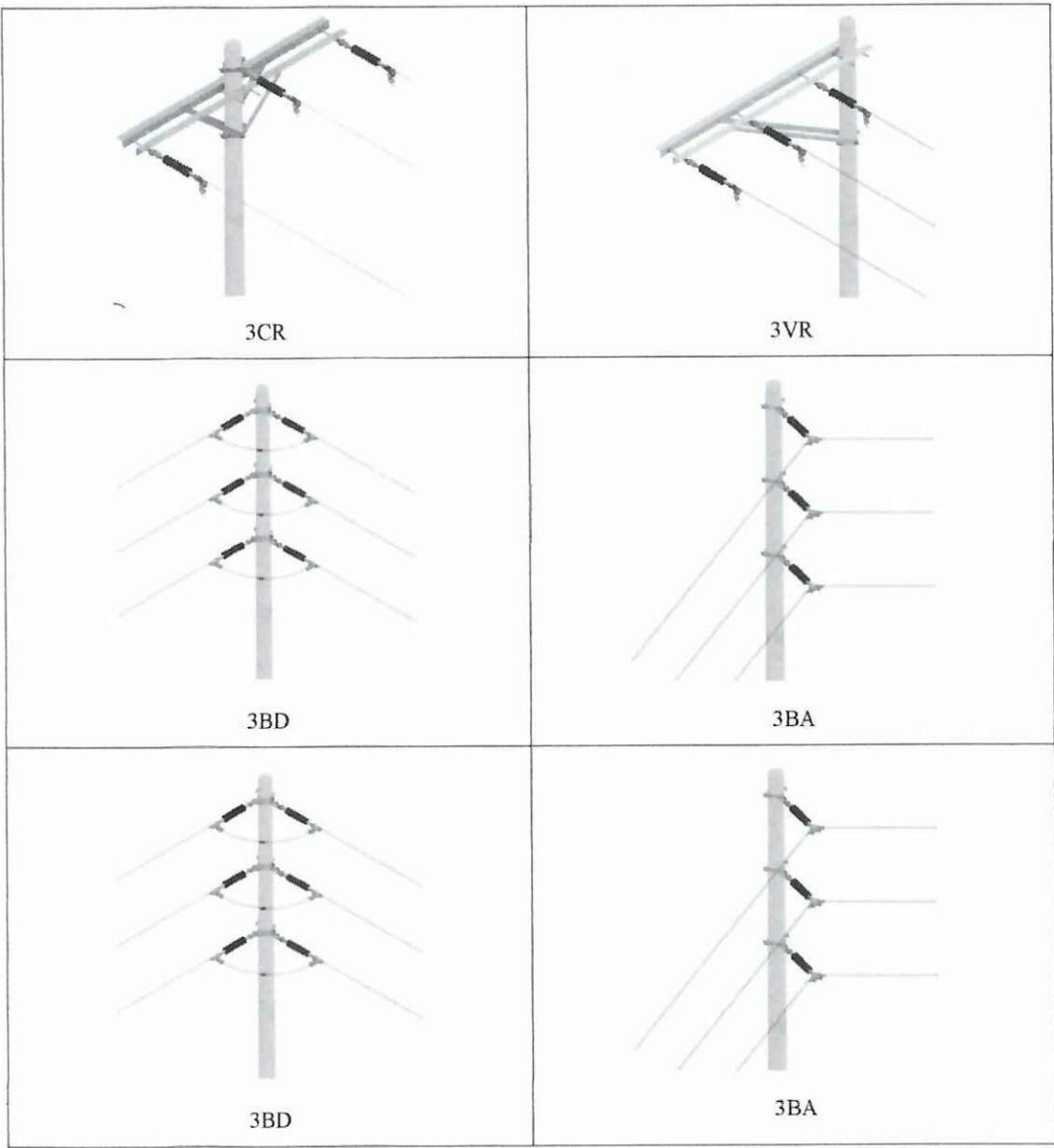


FIGURA 6. ESTRUCTURAS TRIFÁSICAS AÉREAS NORMALMENTE UTILIZADAS EN DISTRIBUCIÓN. (Continuación)



Fuente: MEER (23-06-2014)

Según **MEER (2011:4)**, UP-UC Sección 1, Marco teórico para la homologación de las

unidades de propiedad y de construcción del sistema de distribución eléctrica; *Los postes normalizados para llevar las estructuras de medio voltaje y bajo voltaje respectivamente son de 12 m 500 kg y 10 m 400 kg, adicionalmente por condiciones especiales de funcionamiento, se pueden utilizar postes de 14, 16 y 18 metros. Los vanos entre postes con alumbrado en lugares urbanos son de 40 metros, y en lugares rurales 50 metros, esto no es una regla ya que se ven vanos muy largos en el cruce de ríos, quebradas, etc. Los neutros actúan como una tierra de seguridad para los equipos y proporciona una vía de retorno para cargas desequilibradas y por fallas de línea a tierra.*

El conductor neutro en la postería de medio voltaje se encuentra aproximadamente 1,8 metros por debajo de los conductores de fase. Los primarios y secundarios pueden cada uno tener su propio neutro, en nuestro país lo comparten. Muchas empresas de distribución eléctrica conllevan su espacio con otros servicios públicos, cables de teléfono o de televisión, los que pueden ejecutarse bajo el secundario.

Conductor aéreo

El conductor es el medio adecuado para llevar la corriente eléctrica; las empresas eléctricas utilizan aluminio para casi todas las instalaciones aéreas. El aluminio es más ligero y su precio es menor que el cobre. En principio se utilizó el cobre como conductor, pero de a poco esos circuitos se han reemplazado completamente.

El aluminio para conductores de energía es de aleación 1350, lo que significa que es 99,5% puro y tiene una conductividad mínima de 61%, como dato adicional el aluminio puro funde a 660 °C. El aluminio empieza a recocerse, ablandar y perder fuerza por encima de 100 °C. Tiene buena resistencia a la corrosión, cuando se expone a la atmósfera, al oxidarse esta delgada película imperceptible de óxido de aluminio protege contra la mayoría de las sustancias químicas, a la intemperie condiciones, e

incluso ácidos. El aluminio puede corroerse rápidamente a través de un contacto eléctrico con el cobre o el acero. Esta corrosión galvánica o corrosión de metales diferentes se acelera con la presencia de sales.

Existen diversas variaciones de conductores de aluminio disponibles:

AAC.- conductor de aluminio - aluminio de grado 1350-H19 AAC tiene la proporción más alta conductividad-peso de todos los conductores aéreos.

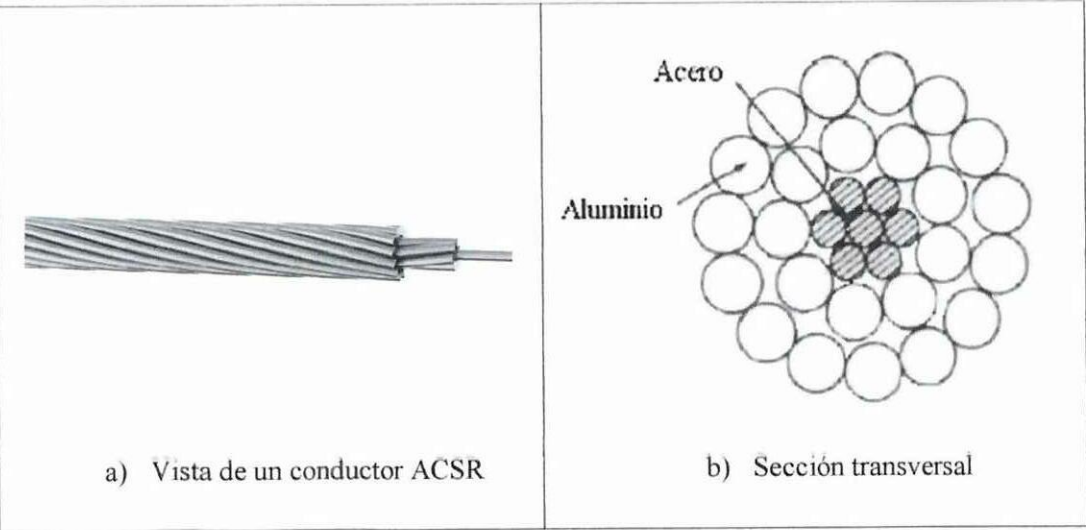
ACSR.- conductor de aluminio reforzado con acero, debido a su alta relación de mecánica-resistencia-peso, el ACSR tiene la misma capacidad eléctrica equivalente de conducción o superior para el mismo tamaño de conductor (la designación del tamaño kcmil se determina por el área de sección transversal del aluminio, se desprecia el acero).

AAAC.- conductor de aleación totalmente de aluminio, esta aleación de aluminio 6201-T81, tiene una alta resistencia y capacidad de conducción equivalente a AAC o ACSR. AAAC encuentra un buen uso en las zonas costeras donde se prohíbe el uso de ACSR debido a una corrosión excesiva.

ACAR.- aleaciones reforzadas de conductor de aluminio - hebras de aluminio 6201-T81. Las hebras de aleación aumentan la resistencia del conductor. Las hebras de ambos son del mismo diámetro, por lo que se pueden organizar en una variedad de configuraciones.

Para la mayoría de las aplicaciones urbanas y suburbanas, el tipo AAC tiene la suficiente fuerza y buenas características térmicas para un peso dado. En las zonas rurales se utilizan conductores más pequeños y vanos más largos, por lo que el ACSR u otro de los conductores de mayor fuerza son más apropiados.

FIGURA 7. CONDUCTOR ACSR SECCIÓN TRANSVERSAL DE UN CONDUCTOR CON REFUERZO DE ACERO CON 7 HILOS DE ACERO Y 24 DE ALUMINIO



Fuente: Condu spar (23-06-2014)

1.2.1.4. Distribución subterránea

Según **SHORT, Tom (2004:108)**; *Mucha de la nueva distribución es subterránea. Este tipo de instalación de distribución es menos visible que las instalaciones aéreas, además es más fiable. Los elementos como cables, conectores y equipos de instalación han avanzado considerablemente para equipararse a las exigencias de las instalaciones de hoy en día, por lo que la instalación de la distribución subterránea, es más rápida y menos costosa.*

Las redes eléctricas subterráneas hoy en día se encuentran presentes en cada una de las etapas que comprende un sistema eléctrico de potencia, siendo en la etapa de distribución donde se ha dado un crecimiento vertiginoso de este sistema, motivado

sobre todo por la seguridad que brinda el aislamiento de los conductores y elementos ante una exposición accidental de las personas de un centro poblado con las partes vivas. Este tipo de instalación de distribución es menos visible que las instalaciones aéreas, además es más fiable.

Aplicaciones

Una de las principales aplicaciones de los sistemas subterráneos, se da en la distribución urbana comercial y residencial donde existe alta densidad poblacional, en urbanizaciones privadas, parques industrial y en lugares donde se pudiera tener contacto con las líneas energizadas. La construcción subterránea se utiliza para llegar a los centros de transformación donde normalmente encontramos transformadores padmounted que sirven a los usuarios.

Otros usos se dan en los cruces de líneas eléctricas: el cruce de ríos, carreteras, o cruces de líneas de transmisión. La construcción subterránea ampliamente utilizada en las ciudades ahora aparece en más lugares. La construcción subterránea es cara, y el precio puede variar ampliamente.

Los principales factores que influyen en los costos de la construcción de una red subterránea son:

- ***Nivel de desarrollo del lugar:*** carreteras, calzadas, aceras, y el alcantarillado, estos y otros obstáculos demoran la construcción y aumentan los costos.
- ***Condición del suelo:*** las rocas y suelo congelado aumentan el pago de horas extras para personal y alquiler de equipos.

- **Urbano, suburbano o rural:** la construcción urbana es más difícil no sólo a causa del hormigón, sino también debido al tráfico. La construcción rural es generalmente la menos costosa por unidad de longitud, pero las longitudes son grandes.
- **Tubería:** los conductos de hormigón revestido cuestan más que los conductos PVC enterrados, y este último tiene mayor costo que un cable directamente enterrado.
- **Tamaño del conductor y materiales:** el costo del cable es relativamente una pequeña parte de la construcción subterránea.
- **Equipos de instalación:** el uso de máquinas para la preparación y para cubrir la instalación subterránea facilitan el trabajo.

Cable

En el centro del cable subterráneo se encuentra el conductor de fase, luego viene un blindaje semiconductor, el aislamiento, una protección del aislamiento semiconductor, el neutro, y, finalmente, una chaqueta de cubierta. La mayoría de los cables aislados de distribución llevan un solo conductor.

Existen dos tipos principales de cable que están disponibles: *Cable neutro concéntrico* y *el cable de alimentación*.

El cable neutro concéntrico normalmente tiene un conductor de aluminio, un aislamiento extruido y un neutro concéntrico; en la Figura 8 muestra una construcción típica de conductor subterráneo.

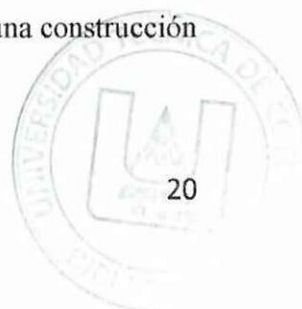
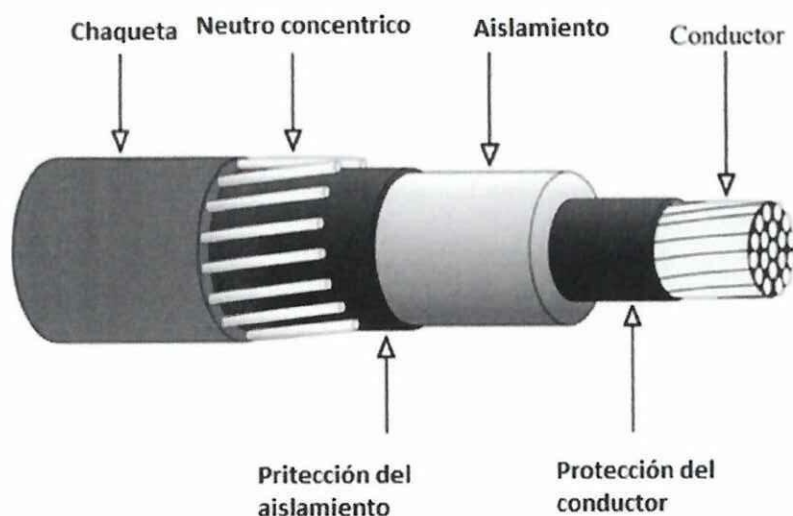


FIGURA 8. CABLE NEUTRO CONCÉNTRICO, NORMALMENTE UTILIZADO PARA LA ENTREGA DE POTENCIA SUBTERRÁNEA RESIDENCIAL.



Fuente: Electric Power Distribution handbook (25-06-2014)

Un neutro concéntrico está hecho de varios hilos de cobre enrollados de forma concéntrica alrededor del aislamiento, el neutro concéntrico es un verdadero neutro, lo que significa que puede llevar corriente de retorno o un sistema de puesta a tierra, los cables neutros concéntricos se utilizan para las aplicaciones de líneas principales trifásicas y la entrega de potencia trifásica para los clientes comerciales e industriales.

1.2.1.5. Cargas eléctricas del sistema de distribución

Según **SHORT, Tom (2004:44)**; *Los sistemas de distribución obviamente existen para suministrar electricidad a los usuarios finales, por lo que las cargas y sus características son importantes. La carga eléctrica en un alimentador es la suma de*

todas las cargas individuales de los clientes. Y la carga eléctrica de un cliente es la suma de la carga por aparatos individuales del cliente. Las cargas del usuario tienen muchas características en común. Los niveles de carga varían durante el día, con un pico en la tarde o al anochecer.

Un sistema de transmisión o de distribución existe para entregar energía a los consumidores en respuesta a su demanda de energía eléctrica. Esta demanda de energía eléctrica está presente en forma de electrodomésticos, aparatos de iluminación y equipos que utilizan energía eléctrica, crea la carga eléctrica, la carga eléctrica que el sistema de transmisión o distribución debe satisfacer.

Uso final de la energía

La electricidad es comprada por el consumidor como un paso intermedio hacia algún producto final no eléctrico, nadie en sí quiere la energía eléctrica, se desea los productos que puede ofrecer como: una casa fresca en lugares calurosos, un lugar cálido en la serranía, el agua caliente en la ducha, alimentos frescos en la nevera, y entretenimiento que puedan ofrecer los equipos electrónicos conectados a la red eléctrica.

Los diferentes tipos de consumidores compran electricidad por varias razones y tienen diferentes requisitos para la cantidad y calidad de la energía que compran, pero todos compran la electricidad como una forma de llegar a los productos finales. Estos productos se llaman usos finales, y abarcan una amplia gama, tal como se muestra en la **Tabla 1.**

Algunos usos finales son satisfechos por la energía eléctrica (electrodomésticos). Pero para muchos usos finales, como el calentamiento de agua, calefacción, cocinar en el

sector residencial; calderos en el sector industrial, la electricidad es tan solo una de las varias fuentes posibles de energía.

TABLA 1. CATEGORÍA DE CLIENTES Y USO FINAL DE LA ENERGÍA

Rural	Residencial	Comercial	Industrial
Iluminación	Iluminación	Iluminación	Iluminación
Agua caliente	Agua caliente	Agua caliente	Agua caliente
Calefacción	Calefacción	Calefacción	Calefacción
Aire acondicionado	Aire acondicionado	Aire acondicionado	Aire acondicionado
Computadora	Computadora	Computadora	Computadora
Circulación de aire	Circulación de aire	Circulación de aire	Circulación de aire
Cocinar	Cocinar	Cocinar	Filtros
Bombas de agua	Bombas de agua	Elevadores	Bombas de fluido
Secado de grano	Secado de ropa	Sistema de inventario	Secado de productos

Fuente: Electrical Transmission and Distribution Reference Book (28-06-2014)

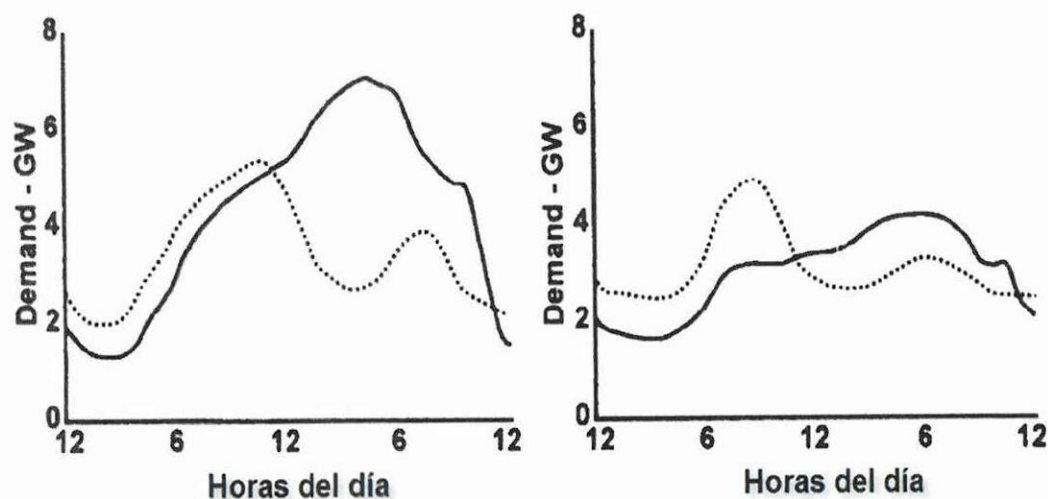
Curvas de carga

El uso de los productos que utilizan energía eléctrica como iluminación, calefacción, agua caliente, TV, y así sucesivamente, varía en función de la hora del día, día de la semana, y en muchos países la estación del año. Como resultado, la carga eléctrica varía. Una curva de carga dibuja el consumo eléctrico como una función del tiempo.

La **Figura 9** muestra las curvas de carga día pico de temporada para cargas residenciales de Estados Unidos e Inglaterra. Las diferencias entre los patrones de demanda eléctrica de tipos similares de clientes, como en la figura se producen debido a diferencias en el clima, la demografía, las preferencias de aparatos eléctricos y la economía local.

La forma de la curva de carga, cuando se produce el pico máximo y cuando la carga varía en función del tiempo, depende tanto de la carga conectada, como de la actividad y el estilo de vida de los consumidores en un área.

FIGURA 9. CURVAS DE CARGA DÍA PICO DE VERANO (LÍNEA CONTINUA) Y DE INVIERNO (LÍNEA SOMBREADA); EN EL SUR DE EE.UU. (IZQUIERDA) Y UN SISTEMA RURAL DE NUEVA INGLATERRA (DERECHA).



Fuente: Electrical Transmission and Distribution Reference Book (28-06-2014)

1.2.1.6. Flujo de potencia

Según **John Grainger y William Stevenson Jr (2001:334)**; "Las compañías de energía eléctrica usan programas muy elaborados para los estudios de flujos de potencia dirigidos a evaluar la adecuación de una red interconectada compleja. Se obtiene información importante en relación con el diseño y operación de los sistemas que todavía no se construyen y con los efectos de los cambios en sistemas existentes. Un estudio de flujos de potencia para un sistema que trabaja bajo condiciones de operación reales o proyectadas como normales se llama caso base. Los resultados del

caso base constituyen un medio para la comparación de los cambios en los flujos de la red y de los voltajes bajo condiciones anormales o de contingencia. El ingeniero que planea la transmisión puede descubrir debilidades en el sistema, como el caso de voltajes bajos, sobrecargas en líneas o condiciones de carga que juzgue excesivas. Estas debilidades pueden ser removidas al hacer estudios de diseño que incluyan los cambios y/o adiciones al caso base del sistema. Entonces, el modelo del sistema se sujeta a una prueba de contingencia (por medio de la computadora) para descubrir si las debilidades surgen bajo estas condiciones, involucrando la programación de generación o de niveles de carga anormales. La interacción entre el diseñador del sistema y el programa de flujos de potencia que se tiene en la computadora continúa hasta que el comportamiento satisface la planeación local y regional o el criterio de operación".

El cálculo y análisis del flujo de potencias en la red de un Sistema Eléctrico de Potencia (SEP) es uno de los aspectos más importantes de su comportamiento en régimen permanente. Consiste en determinar el voltaje, intensidad, potencia y factor de potencia o potencia reactiva en varios puntos de una red eléctrica, en condiciones normales de funcionamiento y para ciertas condiciones preestablecidas de operación.

Los diseñadores de redes están interesados en el estudio de una red que funcione en 10 o 20 años. Más de 10 años transcurren entre la iniciación del proyecto para una nueva planta de generación y su conexión a la red. Una empresa distribuidor debe conocer con anterioridad los problemas relacionados con la localización de las subestaciones o plantas generadoras y la mejor distribución de las líneas para transmitir la energía a centros de consumo en crecimiento o proyectados que no existirán aun cuando se elabore el proyecto.

Los principios en los estudios del flujo de potencia son obtener mediante procesos iterativos datos desconocidos en las distintas barras del sistema de potencia a partir de un número menor de datos conocidos, o lo que es lo mismo el número de incógnitas

supera el número de ecuaciones, en sistemas de potencia real el número de barras es grande lo que hace imprescindible el uso un ordenador digital.

El análisis del flujo de potencias permite:

- Programar las ampliaciones necesarias del SEP y determinar su mejor modo de operación, teniendo en cuenta posibles nuevos consumos, nuevas líneas o nuevas centrales generadoras.
- Estudiar los efectos sobre la distribución de potencias, cuando se producen pérdidas temporales de generación o circuitos de transmisión.
- Ayudar a determinar los programas de despacho de carga para obtener un funcionamiento óptimo.

Tipos de Barras

Para iniciar el proceso que conlleva un flujo de potencia, necesitamos definir las barras o buses:

TABLA 2. TIPOS DE BARRAS CONSIDERADAS EN UN SEP

Clasificación	Datos conocidos	Datos desconocidos
PQ (Barra de carga)	P,Q	V, δ
PV (Barra de generación)	P,V	Q, δ
V δ (Barra Slack)	V, δ	P,Q

Fuente: Investigador

1.- Barra de carga.- es una barra en que se conocen las potencias activa y reactiva.

2.- Barra de voltaje controlado o de generación.- es una barra en que se conocen la potencia activa y el módulo del voltaje. En este tipo de barra debe existir alguna fuente controlable de potencia reactiva.

3.- Barra Slack.- es una barra en que se conocen el módulo del voltaje y su ángulo. En esta barra debe existir por lo menos un generador. La necesidad de definir esta barra nace del hecho que no es posible especificar a priori, la potencia total que es necesario generar en el sistema debido a que inicialmente no se conocen las pérdidas en el mismo.

La barra slack debe suministrar la diferencia entre la potencia compleja inyectada al sistema en el resto de las barras y la carga total más las pérdidas. Esta barra se conoce también con otros nombres tales como: de referencia, flotante, oscilante, de relajación, swing.

1.2.1.7. Software de simulación

El crecimiento y expansión de la demanda dentro del área de concesión de cada empresa distribuidora, hace que el análisis y la planificación de la distribución se vuelva sumamente compleja, el costo creciente de equipos y accesorios eléctricos ha hecho imperativo que las compañías consideren una gama de posibilidades de diseño y realicen estudios detallados de los efectos sobre el sistema de cada alternativa, con base en varias suposiciones: condiciones normales y anormales de operación, cargas puntuales, años presente y futuros de operación. También deben reunirse y manejarse con exactitud un gran número de datos de las redes.

Como ayuda para la resolución de estos problemas, se han desarrollado herramientas de simulación digital que permiten reproducir, mediante ordenador, el comportamiento

del sistema eléctrico para así poder estudiar su respuesta ante diversas condiciones de funcionamiento. Esos programas incluyen análisis de flujos de potencia, estabilidad, cortocircuitos y regímenes transitorios. Con los programas de flujos de potencia se calculan las magnitudes de voltaje, los ángulos de fase y los flujos de potencia en las líneas de transmisión, subtransmisión o distribución, para una red en condiciones de operación de estado estacionario.

Debido al alto costo que representa la adquisición de una licencia de estos tipos de software, pocas empresas cuentan con estas herramientas de simulación, una alternativa a la compra, es la utilización de versiones demo o de prueba que pueden ser descargadas de internet, de la página oficial de cada desarrollador de software para obtener las últimas versiones o actualizaciones, suelen funcionar con ciertas restricciones o por un tiempo determinado, pero constituyen una herramienta perfectamente válida.

A continuación se muestran las principales características de las herramientas de simulación "demo" del software NEPLAN.

Descripción del software NEPLAN

Para **BCP Busarrello+Cott+Partner .Inc. (2010,1)**; en la guía del usuario del programa NEPLAN menciona; NEPLAN es una herramienta informática para analizar, planear, optimizar y simular redes eléctricas, de agua, gas y calefacción. La mejor y más amigable interfaz gráfica de usuario, permite desarrollar casos de estudio muy eficientemente. El software personalizable tiene un concepto modular y cubre todos los aspectos eléctricos en redes de Transmisión, Distribución, Generación/Industriales.

Los módulos de cálculo pueden manejar redes AC y DC simétricas y asimétricas. Los siguientes módulos de cálculo están disponibles:

- Flujo de carga
- Cortocircuito
- Análisis de Confiabilidad
- Arranque de Motores
- Análisis de Armónicos
- Protección de Sobre corriente
- Cálculo de Arco Eléctrico
- Análisis de Flicker
- Ubicación Óptima de Condensadores
- Cálculo de Bajo Voltaje
- Análisis de Inversión
- OTROS por pedido

NEPLAN se emplea en la realización del presente estudio para modelar las redes de distribución radial, simétricas y asimétricas, aéreas y subterráneas del alimentador CVS3 que suministra energía al Hospital General de Latacunga.

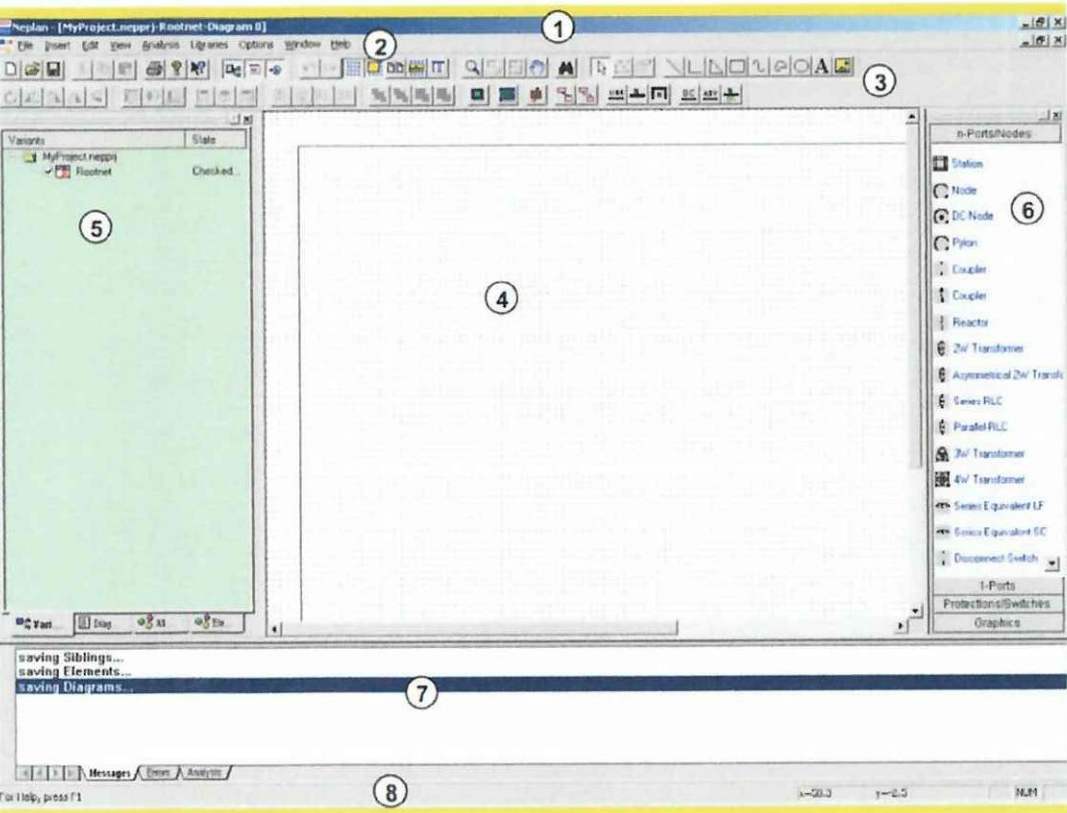
El programa NEPLAN a través de una herramienta facilita ingresar un mapa de fondo mediante archivo .dxf formato compatible con el programa Auto CAD, para mejorar la visualización del sistema eléctrico, además cuenta con librerías pre cargadas aquí se encontrara una primera limitación al contar con una versión demo el número de librerías o elementos pre cargados es inferior al de una versión completa, sin embargo para el presente estudio se crearan librerías propias que se adapten a la realidad de nuestro país.

La interfaz de usuario

Uno de los puntos a favor del programa de simulación NEPLAN y por el que se ha difundido ampliamente en el mundo es su amigable interfaz, se muestra en un primer

plano las herramientas necesarias para crear un sistema eléctrico, opciones de edición y de ayuda, opciones desplegables para ejecutar un análisis, opciones de vista de resultados.

FIGURA 10. CARACTERÍSTICAS DE LA VENTANA DE INTERFAZ CON EL USUARIO



Fuente: BCP Busarello + Cott + Partner Inc. (05-07-2014)

Los siguientes números indican las características principales de la ventana de interfaz con el usuario:

1. Barra de Título

2. Barra de Opciones de Menú
3. Barra de Herramientas
4. Área de trabajo con diagramas y tablas de datos
5. Administrador de Variantes
6. Ventana de Símbolos
7. Ventana de Mensajes
8. Barra de Estado

1.2.2. Marco conceptual de la variable dependiente

“Calidad de producto de la barra de medio voltaje de ingreso a la instalación del repotenciado Hospital General de Latacunga”

1.2.2.1. Calidad de servicio eléctrico de distribución

Según **Regulación No. CONELEC – 004/01**, se establecen los niveles de calidad de la prestación del servicio eléctrico de distribución, en la cual se menciona:

Responsabilidad y Alcance

Las Empresas Distribuidoras tienen la responsabilidad de prestar el servicio eléctrico a los Consumidores ubicados en su zona de Concesión, dentro de los niveles de calidad establecidos, en virtud de lo que señala la Ley de Régimen del Sector Eléctrico, los Reglamentos aplicables, el Contrato de Concesión y las Regulaciones correspondientes.



Organismo Competente

El cumplimiento de los niveles de Calidad de Servicio será supervisado y controlado por el Consejo Nacional de Electricidad CONELEC, a través de los índices que se establecen en la regulación No. **CONELEC – 004/01**.

Aspectos de Calidad

La Calidad de Servicio se medirá considerando los aspectos siguientes:

Calidad del Producto:

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

Calidad del Servicio Técnico:

- a) Frecuencia de Interrupciones
- b) Duración de Interrupciones

Calidad del Servicio Comercial:

- a) Atención de Solicitudes
- b) Atención de Reclamos
- c) Errores en Medición y Facturación

Calidad del producto

Los aspectos de calidad del producto técnico que se controlarán son el nivel de voltaje,

las perturbaciones y el factor de potencia, siendo el Distribuidor responsable de efectuar las mediciones correspondientes, el procesamiento de los datos levantados, la determinación de las compensaciones que pudieran corresponder a los consumidores afectados y su pago a los mismos. Toda la información deberá estar a disposición del CONELEC al momento que se le requiera.

Nivel de voltaje

Limites

El Distribuidor no cumple con el nivel de voltaje en el punto de medición respectivo, cuando durante un 5% o más del período de medición de 7 días continuos, en cada mes, el servicio lo suministra incumpliendo los límites de voltaje.

TABLA 3. VARIACIONES DE VOLTAJE ADMITIDAS CON RESPECTO AL VALOR DEL VOLTAJE NOMINAL.

	Subetapa 1	Subetapa 2
Alto Voltaje	± 7,0 %	± 5,0 %
Medio Voltaje	± 10,0 %	± 8,0 %
Bajo Voltaje. Urbanas	± 10,0 %	± 8,0 %
Bajo Voltaje. Rurales	± 13,0 %	± 10,0 %

Fuente: Regulación No. CONELEC – 004/01 (06-07-2014)

Factor de potencia

Es la relación entre la potencia activa y la potencia aparente.

Limite

El valor mínimo es de 0,92.

Es importante normar la calidad de energía que se suministra al usuario tanto para las empresas distribuidoras que comercializan con el servicio eléctrico, como para los usuarios que podrían contaminar el suministro con el uso de motores, soldas eléctricas, equipos electrónicos, etc. El incumplimiento o inobservancia por parte del usuario a la regulación revisada es causal de multas o sanciones, por lo tanto es deber del consumidor tomar las medidas pertinentes, con el fin de que las perturbaciones producidas no afecten a usuarios aledaños a la instalación, vecinos, y al sistema.

1.2.2.2. Establecimientos de salud

Aspecto legal

Según, **La Constitución de la República del Ecuador -Artículo 32.-** La salud es un derecho que garantiza el Estado, cuya realización se vincula al ejercicio de otros derechos, entre ellos el derecho al agua, la alimentación, la educación, la cultura física, el trabajo, la seguridad social, los ambientes sanos y otros que sustentan el buen vivir.

Según, **La Constitución de la República del Ecuador -Artículo 360.-** La Red Pública Integral de Salud será parte del sistema nacional de salud y estará conformada por el conjunto articulado de establecimientos estatales, de la seguridad social y con otros proveedores que pertenecen al Estado, con vínculos jurídicos, operativos y de complementariedad.

Según, **Ley Orgánica de Salud-Art. 4.-** La autoridad sanitaria nacional es el Ministerio de Salud Pública, entidad a la que corresponde el ejercicio de las funciones de rectoría en salud; como la responsabilidad de la aplicación, control y vigilancia del cumplimiento de esta ley; y normas que dicte para su plena vigencia serán obligatorias.

Según, **Ley Orgánica de Salud-Art. 6.-**Es responsabilidad del Ministerio de Salud Pública: ... 24. Regular, vigilar, controlar y autorizar el funcionamiento de los establecimientos y servicios de salud, públicos y privados, con y sin fines de lucro, y de los demás sujetos a control sanitario.

Clasificación de los establecimientos de salud

Según, **Acuerdo Ministerial No. 00001032- Art. 4.-** Los establecimientos de salud se clasifican de acuerdo a la capacidad resolutive y nivel de atención, en tres niveles:

I Nivel de Atención

II Nivel de Atención

III Nivel de Atención

Art. 5.- I Nivel de atención.- El I Nivel de Atención es el más cercano a la población, facilita y coordina el flujo del paciente dentro del sistema, garantiza una referencia y contra referencia adecuada, asegurando la complejidad, continuidad e integralidad en la atención. Promueve acciones de salud pública de acuerdo a normas emitidas por la autoridad sanitaria nacional. Es ambulatorio. Es la puerta de entrada obligatoria al Sistema Nacional de Salud.

Art. 6.- II Nivel de atención.- El II Nivel de Atención comprende todas las acciones y

servicios de atención ambulatoria especializada y aquellas que requieran hospitalización básica y general. Constituye el escalón de referencia inmediata del I Nivel de Atención. Se desarrollan nuevas modalidades de atención no basadas exclusivamente en la cama hospitalaria, tales como la cirugía ambulatoria, Centro clínico quirúrgico ambulatorio (modalidad Hospital del Día).

Art. 7.- III Nivel de atención.- El III Nivel de Atención corresponde a los establecimientos que prestan servicios ambulatorios y hospitalarios de especialidad y especializados, son de referencia nacional; resuelve los problemas de salud de alta complejidad, tiene recursos de tecnología de punta, cuidados intensivos, puede realizar trasplantes regidos por el organismo competente, cuenta con subespecialidades reconocidas por la ley.

Los establecimientos de salud son clasificados según su grado de complejidad, un hospital con nivel III podrá atender a usuarios que necesiten operaciones complejas y que no se podrán realizar en los de nivel I ni II por la no existencia de equipos necesarios.

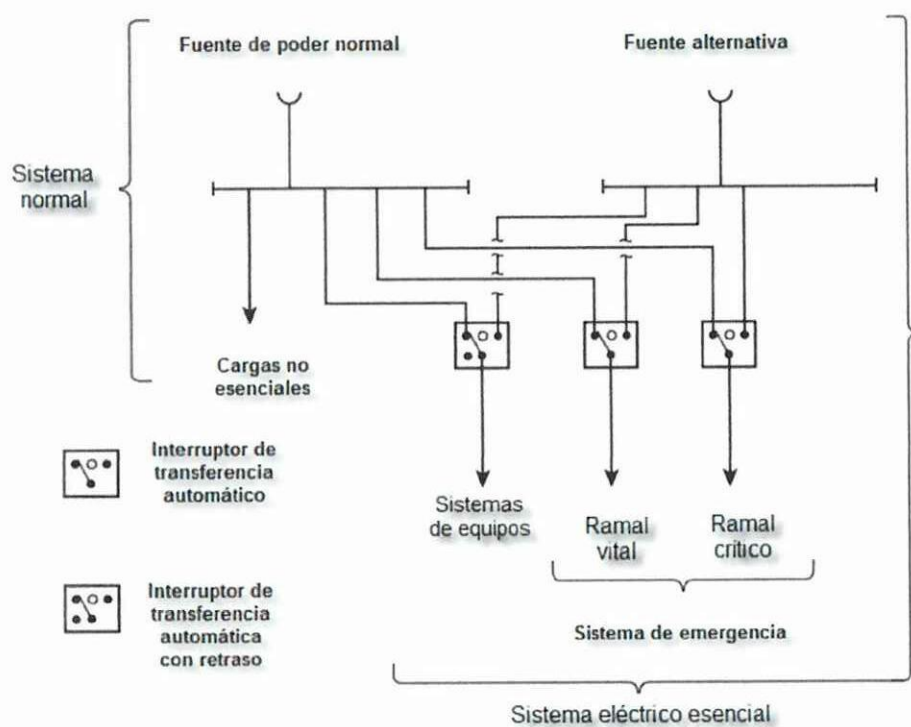
Sistema eléctrico esencial en hospitales

Según **Mark W. Earley y otros (2011:848)**, en el libro de compilación eléctrica NEC, manifiesta; El sistema eléctrico esencial de las instituciones de asistencia médica debe consistir en un sistema capaz de dar suministro a un número limitado de salidas para alumbrado y potencia que se considere esencial para la seguridad de la vida humana y que vaya interrumpiendo ordenadamente los procedimientos si, durante su funcionamiento normal, el servicio eléctrico se interrumpe por cualquier razón.

Estos sistemas incluyen a las clínicas, consultas médicas y dentales, instalaciones

ambulatorias, centros de acogida, centros de cuidados limitados, hospitales y otras instituciones de asistencia médica que atiendan a pacientes.

FIGURA 11. REQUISITOS MÍNIMOS EN HOSPITALES CON CAPACIDAD INSTALADA MAYOR A 150kVA



Fuente: NEC (13-07-2014)

Generalidades

1) Los sistemas eléctricos esenciales en los hospitales deben constar de dos sistemas independientes capaces de suministrar corriente a un número limitado de tomas para alumbrado y potencia que se considere esencial para la seguridad de la vida humana y que vaya interrumpiendo ordenadamente los procedimientos si, durante su

funcionamiento normal, el servicio eléctrico se interrumpe por cualquier razón. Estos dos sistemas deben ser el de emergencia y el de equipos.

2) El sistema de emergencia se debe limitar a los circuitos esenciales de asistencia vital y de atención crítica a los pacientes. Estos dos circuitos se denominan “ramal vital” y “ramal crítico”.

3) El sistema de los equipos debe suministrar corriente a los principales equipos eléctricos necesarios para la atención a los pacientes y el funcionamiento básico del hospital.

4) El número de conmutadores de transferencia utilizados se debe basar en consideraciones de confiabilidad, diseño y cargas. Cada ramal del sistema eléctrico esencial debe estar conectado a uno o más conmutadores de transferencia, como se ve en la Figura 11.

5) Otras cargas.- Las cargas no esenciales pueden ser abastecidas por los equipos de generación, para ello serán atendidos por sus propios interruptores de transferencia de tal manera que se aplican las siguientes condiciones:

- a. No se transfieran si la transferencia puede sobrecargar el generador, y
- b. Se desconecten automáticamente si se produce sobrecarga del generador.

El sistema eléctrico en establecimientos de salud se lo separa en sistema normal y sistema eléctrico esencial, con el fin de que si se dan interrupciones de energía, los circuitos que llevan a cargas de las cuales dependen vidas funcionen con el generador auxiliar de la instalación o con una fuente alterna sin colapsar dicha fuente alterna con las cargas no esenciales. Estas cargas no esenciales o normales incluyen la iluminación general, equipos de laboratorio en general, el equipo de servicio no crítico, áreas de atención al paciente, etc.

CAPÍTULO II

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

2.1. Aspectos Generales del Hospital Provincial General de Latacunga

2.1.1. Antecedentes Históricos

El 8 de Octubre de 1863 entra en funcionamiento el Hospital de la Caridad, por donación de las Hermanas Ana y Mercedes Páez Vela durante la Presidencia del Dr. Gabriel García Moreno. Para el 11 de julio de 1864 se cambia el nombre como Hospital Público de la Caridad con la administración de la Junta Municipal Médica; el presupuesto aproximado fue de tres reales diarios por enfermo. Para el 11 de marzo de 1866 se inaugura el Hospital San Vicente de Paúl, en el año 1885 las Hermanas de la Caridad se hacen cargo del Hospital, pasando en 1892 esta labor benéfica a la Junta de Asistencia Pública Provincial.

Al fallecer las Hermanas Páez, el Hospital regentado por las hermanas de la caridad San Vicente de Paúl toma el nombre de sus protectoras. En el año de 1946 se inicia

la construcción del nuevo edificio bajo asesoría técnica del Servicio Cooperativo Interamericano y toma el nombre de Hospital General de Latacunga.

El 11 de noviembre de 1959 se inaugura la infraestructura actual con cuatro servicios básicos. Desde el 14 de abril de 1973 hasta la actualidad la Institución depende del Ministerio de Salud Pública del Ecuador.

2.1.2. Situación actual

El Hospital Provincial General de Latacunga se encuentra ubicado en la provincia de Cotopaxi en la ciudad de Latacunga en la Avenida Hermanas Páez y Dos de Mayo esquina. El área total del Hospital Provincial General de Latacunga es de 16.819 m². El área de construcción existente es de 5.911 m², su capacidad es para 200 camas pero se encuentran instaladas 155.

El Hospital de Latacunga al momento tiene instalaciones eléctricas que ya han cumplido su vida útil, además con el incremento de la demanda debido al crecimiento de la población de la región central del país, las instalaciones del actual hospital resultan pequeñas, debido a esta situación se ha propuesto re potencializar el hospital existente y construir una edificación adicional al existente que pueda satisfacer los requerimientos de salud de la población.

La construcción del hospital se realizará por etapas con la finalidad que se vayan utilizando las áreas que se vayan terminando, con este antecedente el sistema eléctrico también se lo ha diseñado por etapas, por lo que la se ha dividido en tres Etapas Bloque A, Bloque B y Bloque C, el Bloque A consta de la re potenciación de la edificación existente, el bloque B la construcción de la edificación nueva y el C la parte de edificación que se encuentra al lado derecho del bloque B.

El bloque B contara con dos subsuelos más cinco pisos y la terraza, el bloque C de un subsuelo y un piso, y el bloque repotenciado A de tres pisos contando con la planta baja como en la actualidad, dando un área de 33126 m² de construcción aproximada. La energía eléctrica será suministrada como en la actualidad por la Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxí ELEPCO S.A., la misma que tiene en sus estatutos la autorización para brindar el servicio de generación, distribución y comercialización de energía eléctrica en la Provincia de Cotopaxi.

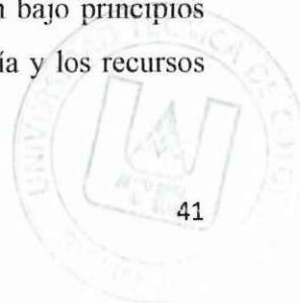
Actualmente se encuentra en construcción el bloque B y C, los mismos que está planificada su inauguración en Noviembre de 2015 para la re potenciación del bloque A, la fecha de entrega proyectada es Septiembre 2016. La capacidad del Hospital será de 300 camas, pero se comenzara con 200 para incrementarlas según la demanda.

2.1.3. Misión

"Presta servicios de salud con calidad en el ámbito de la asistencia especializada de segundo nivel, a través de su cartera de servicios, cumpliendo con la responsabilidad de recuperación y rehabilitación de la salud integral, docencia e investigación, conforme a las políticas del Ministerio de Salud Pública y el trabajo en red, en el marco de la justicia y equidad social".

2.1.4. Visión

"Ser reconocido por la ciudadanía como hospital accesible, que presta atención de calidad que satisface las necesidades y expectativas de la población bajo principios fundamentales de la salud pública y bioética, utilizando la tecnología y los recursos públicos de forma eficiente".



2.2. Metodología para el desarrollo del estudio

2.2.1. Levantamiento de información

Se recopiló la información de los componentes eléctricos, del Alimentador 3 de la Subestación El Calvario, utilizando la observación como técnicas de campo, aplicada a la página del Geoportal del sector eléctrico de distribución-MEER de libre ingreso, una vista general de la red eléctrica de la ciudad de Latacunga se puede apreciar en el Anexo 2.1

Se obtuvo la carga proyectada del repotenciado Hospital General de Latacunga, aplicando la observación como técnica de campo al diseño eléctrico del hospital, donde se conoció que se instalaran dos transformadores de 750 kVA y un transformador de imagenología de 300 kVA, uno de los transformadores de 750 KVA a implementarse servirá para dar suministro de energía exclusivamente al bloque B, y el otro transformador de 750 KVA suministrará de energía eléctrica al Bloque A y al sistema de climatización de todo el hospital, una vista panorámica proyectada del hospital se aprecia en el Anexo 2.2, en el Anexo 2.3 se muestra el diagrama unifilar proyectado de la instalación, mientras que en el Anexo 2.4 y Anexo 2.5 se presenta la memoria descriptiva y las especificaciones del proyecto de repotenciación.

Se utilizó la técnica de recolección de documentos en archivos de formatos comunes como Excel, Word, imágenes JPEG, concedidos por la distribuidora ELEPCO S.A. por medio del ingeniero Miguel Lucio profesional perteneciente al área de generación y tutor del presente trabajo investigativo, para conocer las demandas de las subestaciones El Calvario y La Cocha, usuarios existentes del alimentador CVS3,

datos del equivalente de red del alimentador en estudio, en el Anexo 2.6 se tiene los datos de demanda del mes de julio de la Subestación El Calvario y La Cocha.

Para proyectar la utilización de los transformadores del repotenciado Hospital General de Latacunga se instalaron analizadores de energía en los transformadores actuales en un periodo no menor a siete días continuos con registros de mediciones no inferiores a 10 minutos como lo norma la REGULACIÓN No. CONELEC – 004/01 sobre calidad de energía.

En los casos donde se presentaron dudas se aplicó la entrevista estructurada como técnica de investigación de campo para recoger información primaria, la misma que fue direccionada a profesionales en la especialidad donde se han encontrado incertidumbres.

2.2.2. Análisis de los parámetros de campo

Con la información levantada, se procede a su análisis, de forma que quede procesada para ser ingresada al programa de simulación eléctrica NEPLAN, los componentes serán ingresados en forma de diagrama unifilar y sus parámetros serán llenados en sus respectivos campos, para posteriormente de forma experimental comprobar la hipótesis.

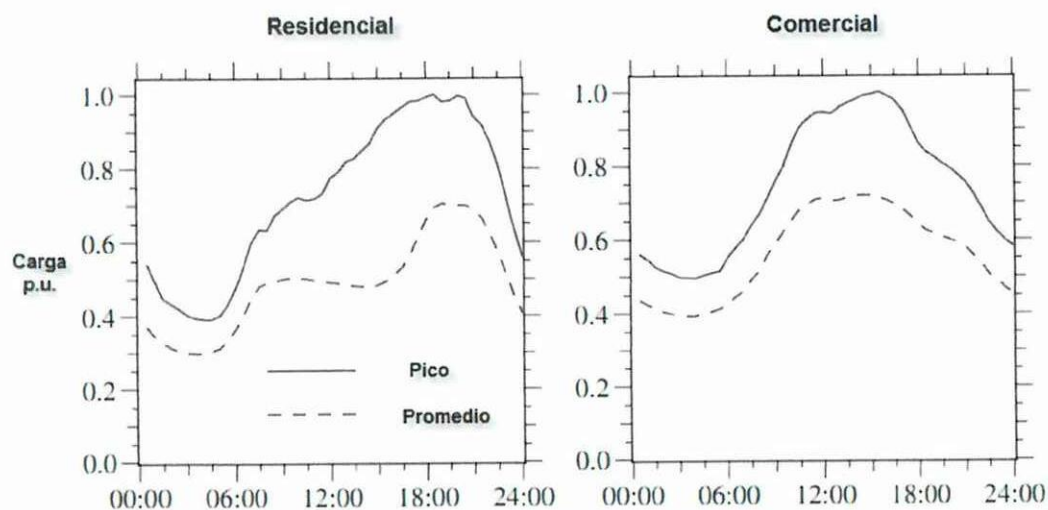
Para optimizar tiempo en un estudio de planificación de un sistema eléctrico, NEPLAN por medio de la opción flujos de carga con perfiles de carga permite el ingreso de datos de proyección de demanda para cada carga, los valores de escalamiento a ser ingresados son en por unidad y se obtuvieron tomando como base al valor de demanda más alto, de esta forma se puede simular en el tiempo la calidad de producto que se tendrá en los elementos del sistema.

2.2.2.1. Curva de carga diaria del alimentador CVS3

Como primer paso se construirá la curva de carga del alimentador CVS3 por medio de histogramas de frecuencias aplicado a los datos de demanda del mes de julio con registros tomados cada 10 minutos, se comprobara que la demanda máxima de los datos registrados corresponda al horario de máxima demanda del histograma para que merezca ser tomada en cuenta.

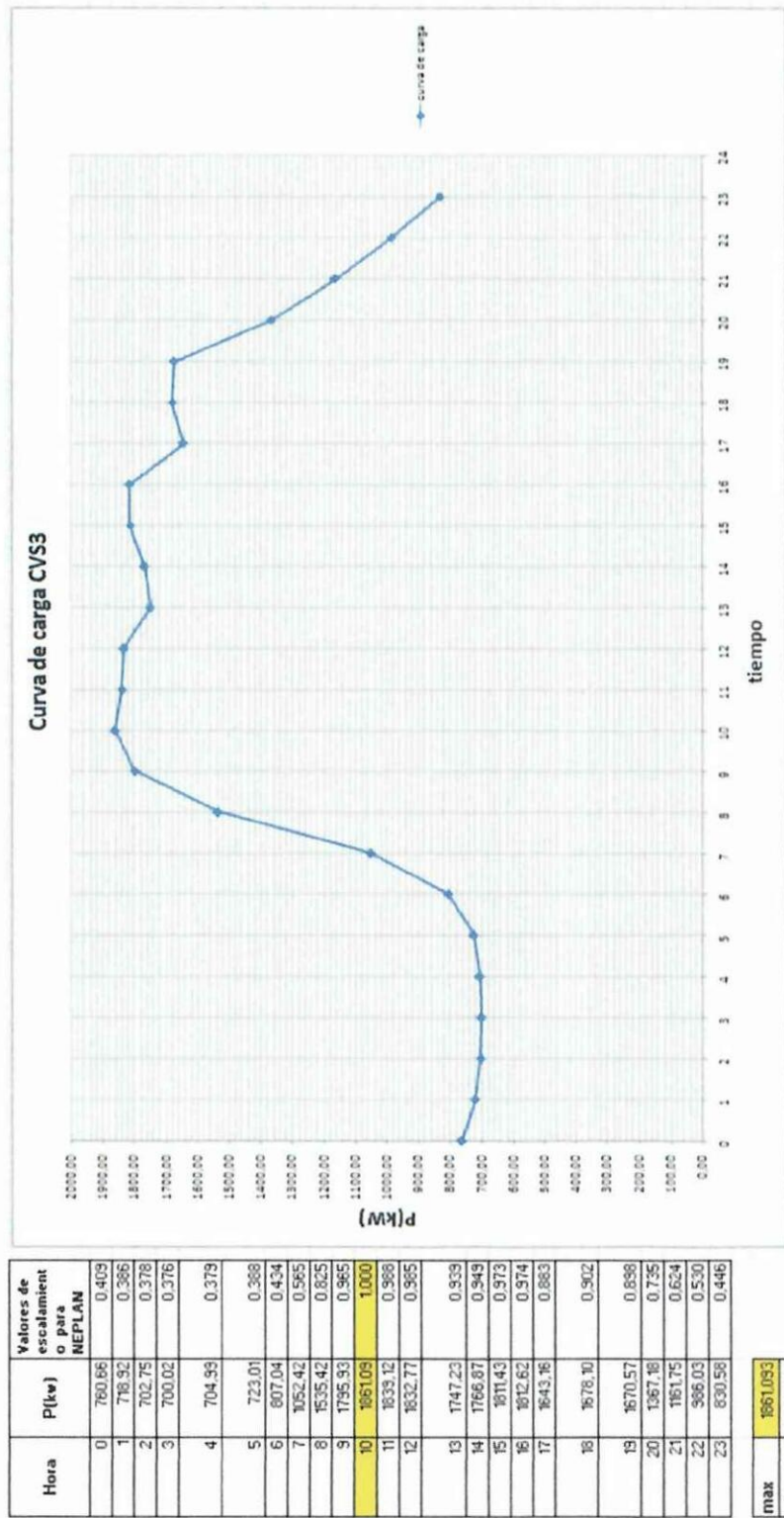
Para los valores de escalamiento anuales se considerara una tasa de incremento de demanda anual de 3% para alimentadores urbanos, y de 1,5% a 2% para alimentadores rurales, estos datos son mencionados en la entrevista al Ing. Henry Calle Jefe de operación de ELEPCO S.A., en el Anexo 2.7

FIGURA 12. CURVAS DE CARGA TÍPICAS PARA USUARIOS RESIDENCIALES Y COMERCIALES



Fuente: Electric Power Distribution handbook (26-07-2014)

FIGURA 13. CURVA DE CARGA DIARIA DEL ALIMENTADOR CVS3 APLICANDO HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS



Fuente: Investigación de campo

En el Anexo 2.6 en la hoja de Excel Análisis CVS3 julio, se tienen los cálculos y graficas utilizados donde se obtuvo la curva de carga del alimentador.

Comparando la gráfica de la curva de carga diaria del Alimentador 3 de la subestación el Calvario y basándose en la Figura 12 recopilada del libro Electric Power Distribution Handbook, se puede deducir que la curva de carga diaria del Alimentador CVS3 es predominantemente comercial.

2.2.2.2. Cargabilidad de los transformadores del alimentador CVS3

La cargabilidad permite saber cuánto de la capacidad nominal del transformador se está utilizando, de esta forma se conocerá si un transformador está sobrecargado o subcargado, para categorizar a un transformador dentro de una subcarga su uso debe ser menor que el 50% de su capacidad nominal mientras que para estar sobrecargado se considera sobre el 80% de su capacidad nominal, se debe siempre procurar que el transformador trabaje del 50% al 70% porque es la región donde se tiene mayor eficiencia y menos perdidas con carga.

Para determinar la cargabilidad en los transformadores la dirección de planificación de ELEPCO S.A. utiliza el método de demanda máxima más probable para la capacidad instalada de cada transformador, el periodo de medición de la demanda en las bajantes del transformador no debe ser menor que siete días e intervalos de registro de 10 minutos según Regulación CONELEC 004/01, dicha metodología se menciona en la entrevista del Anexo 2.7.

Por tal motivo se definirá primero el concepto de factor de uso (Fu).

Para **Phillip A. Laplante (2000:741)**, en el IEEE diccionario de ingeniería eléctrica

conceptualiza al factor de utilización como la relación de la demanda máxima en el sistema vs la capacidad nominal del sistema.

Este concepto se aplica para verificar como están trabajando los transformadores en del alimentador tomando en cuenta que:

- a) $Fu \leq 50\%$: los transformadores del alimentador están subcargados

- b) $Fu > 80\%$: los transformadores del alimentador están sobrecargados

Para relacionar la demanda en kW con la capacidad instalada en kVA, primero se pasara a la demanda máxima a kVA con la siguiente fórmula:

$$S(kVA)_{Dmáx} = \frac{Dmáx}{fp_{Dmáx}} \quad \text{Formula 1}$$

El factor de utilización se expresa matemáticamente de la siguiente manera:

$$Fu = \frac{kVA_{Dmax}}{kVA_{instalados}} \quad \text{Formula 2}$$

Para determinar la utilización promedio que se tiene en los transformadores del Alimentador CVS3, se utilizará la demanda máxima más probable de 1,86 MW de la curva de carga diaria la misma que se observa se tiene a las 10 am, 3,06 MVA de capacidad instalada en transformación, y un factor de potencia para el mismo instante de tiempo de 0,989.

De la Tabla 4 se deduce que el factor de uso resultante promedio para los transformadores del alimentador CVS3 es 62% lo que se traduce a una cargabilidad normal de estos elementos.

A continuación se muestra la tabla de capacidad instalada en transformación del alimentador CVS3 contabilizando todos los transformadores conectados a la red y el porcentaje de utilización promedio de los mismos.

TABLA 4. CAPACIDAD INSTALADA ACTUAL DEL ALIMENTADOR 3 DE LA SUBESTACIÓN EL CALVARIO

PROPIEDAD	FASES DEL TRAF0			
	3Φ (KVA)	1Φ (KVA)		
	ABC	A	B	C
ARRANQUE(#7094)	30			
ESPE	200			
SN FRANCISCO	200			
	100			
CACPECO(desconectado)75KVA	0			
SRI	30			
BANCO GUAYAQUIL	50			
CURIA	75			
GOBERNACIÓN	160			
CNT	100			
	50			
BANCO PICHINCHA	75			
SINDICATO	30			
1Φ		15,00		
1Φ		15,00		
SAN AGUSTÍN	160			
HOSPITAL	500			
	112,5			
CORTE DE JUSTICIA	200			
	75			
PLATINUM	50			
TRAF0 SN1	30			
PLAZA SUCRE	200			
CHIFA 1Φ		25,00		
NARCIS	100			
#8241	45			
ESPE2	100			
frente ELEPCO(#7093)	30			
CAC	250			
#7135	50			
SUBTOTAL	3002,50	55,00	0,00	0,00
TOTAL	3057,5	KVA		
	3,06	MVA		
	MW	fp	MVA	%UTILIZACIÓN
Dmáx	1,861	0,989	1,88	62%

Fuente: Investigación de campo

Para ingresar datos más reales de la cargabilidad de los transformadores al software NEPLAN se concedió al investigador por parte del área técnica de ELEPCO S.A., un reporte de transformadores de un flujo de carga aplicado al alimentador CVS3 realizado con el programa Cymdist, comparando la cargabilidad obtenidas de la Tabla 4 con las entregadas se puede apreciar que los resultados se asemejan mucho, el archivo de Excel exportado por el software Cymdist se encuentra en el Anexo 2.8.

TABLA 5. CARGABILIDAD DE TRANSFORMADORES DEL ALIMENTADOR CVS3

Nro. equipo	Nudo origen	Nudo destino	Código	Cap Nom (kVA)	Voltaje prim. (kVLL)	Potencia total de paso (kW)	Potencia total de paso (kVAR)	Carga (%)
1	MTA_L_47063	MTA_L_47064	Transformador	30	13,8	19	3	63,9
20	MTS_L_5476	MTS_L_5478	Transformador	75	13,8	0	0	0
21	MTS_L_5481	MTS_L_5483	Transformador	30	13,8	19	3	63,9
3	MTS_L_5417	MTS_L_5418	Transformador	100	13,8	62	10	63,9
14	MTA_L_47074	MTA_L_47073	Transformador	75	13,8	47	8	63,9
2	MTS_L_5384	MTS_L_5385	Transformador	200	13,8	125	21	63,9
4	MTS_L_5395	MTS_L_5397	Transformador	50	13,8	31	5	63,9
15	MTS_L_5463	MTS_L_5464	Transformador	100	13,8	62	10	63,9
16	MTS_L_5462	MTS_L_5465	Transformador	50	13,8	31	5	63,9
22	MTS_L_5484	MTS_L_5485	Transformador	30	13,8	19	3	63,9
7699	MTS_L_7373	MTS_L_7374	Transformador	15	13,8	9	2	60,9
7851	MTS_L_7370	MTS_L_7371	Transformador	15	13,8	9	2	60,9
24	MTS_L_5615	MTS_L_5613	Transformador	75	13,8	47	8	63,9
7	MTS_L_5407	MTS_L_5402	Transformador	160	13,8	100	16	63,9
5447_MTS-1	MTS_L_5448	MTS_L_5447	Transformador	30	13,8	19	3	63,9
19	MTA_L_47076	MTA_L_47077	Transformador	50	13,8	31	5	63,9
9	MTS_L_5429	MTA_L_47067	Transformador	75	13,8	47	8	63,9
8	MTS_L_5425	MTS_L_5428	Transformador	200	13,8	125	21	63,9
23	MTS_L_5487	MTS_L_5486	Transformador	25	13,8	15	3	60,9

TABLA 5. CARGABILIDAD DEL ALIMENTADOR 3 DE LA SUBESTACIÓN EL CALVARIO (Continuación)

Nro. equipo	Nudo origen	Nudo destino	Código	Cap Nom (kVA)	Voltaje prim. (kVLL)	Potencia total de paso (kW)	Potencia total de paso (kVAR)	Carga (%)
10	MTS_L_5436	MTS_L_5439	Transformador	200	13,8	125	21	63,9
12	MTA_L_47078	MTA_L_47071	Transformador	100	13,8	62	10	63,9
6	MTS_L_5421	MTS_L_5423	Transformador	160	13,8	100	16	63,9
18	MTS_L_5467	MTS_L_5470	Transformador	100	13,8	61	10	60,9
17	MTS_L_5468	MTS_L_5471	Transformador	500	13,8	304	54	60,9
11	MTS_L_5445	MTS_L_5444	Transformador	200	13,8	125	21	63,9
8241	MTA_L_94418	MTA_L_94419	Transformador	45	13,8	28	5	63,9
10572_MTS-1	MTS_L_10571	MTS_L_10572	Transformador	100	13,8	62	10	63,9
17-1	15	17	Transformador	250	13,8	156	25	16
7135	MTA_L_94191	18	Transformador	50	13,8	31	5	63,9
7093	MTA_L_94189	16	Transformador	30	13,8	19	3	63,9

Fuente: ELEPCO S.A. (03-08-2014)

2.2.2.3. Utilización de los transformadores de la subestación El Calvario

Según el diagrama unifilar del sistema de subtransmisión de ELEPCO S.A. del Anexo 2.9, el transformador de la subestación El Calvario tiene una capacidad instalada de 4 MVA con enfriamiento natural (OA) y de 5,2 MVA con ventilación forzada (OA/FA), la energía que lo abastece proviene de una interconexión a 22 kV con la generadora Illuchi 1, a través de una red de 9,45 km; además existe una red a 13,8 kV de 7,65 km proveniente de la subestación de la generadora Illuchi 2 que contiene un transformador de 6,5 MVA.

Aporta también una interconexión con la subestación La Cocha a nivel de 13,8 kV (CHS2), con una red de 6km y conductor 266,8 MCM, donde el máximo aporte

registrado para el mes de Julio es de 1,82 MW a las 11:30 am, a un factor de potencia promedio de 0,38; sin embargo se aprecia que la mayoría del tiempo el aporte se da por parte de la Subestación El Calvario llegando a un valor máximo de 4,33 MW con un factor de potencia promedio de 0,77 a las 7:00 AM, esta información se puede observar en el Anexo 2.6. Sumando los aportes de los transformadores a la barra de 13,8 kV y sin considerar pérdidas se tendrían 10,5 MVA disponibles para la demanda de sus alimentadores primarios.

Para conocer la cargabilidad con la que se encuentra el transformador de la subestación se recurrirá al método recomendado por ELEPCO S.A., el cual se encuentra registrado en la entrevista del Anexo 2.7, que menciona que se debe relacionar la demanda máxima más probable para la capacidad instalada del transformador. Entonces para tener los valores más probables se procede a aplicar histograma de frecuencias a los datos de los alimentadores para el mes de Julio de las subestaciones El Calvario y La Cocha.

En el Anexo 2.6 se tienen los histogramas de frecuencia del mes de Julio de la subestación El Calvario y La Cocha, donde los valores de demanda máxima más probable son:

TABLA 6. DEMANDA MÁXIMA MÁS PROBABLE kVA, S/E EL CALVARIO

Alimentador	Hora	KVA	Dmáx a las 19:00	Dmáx a las 10:00
CVS1	19:00	1517,07	1517,07	814,17
CVS2	21:00	2630,32	2604,15	2628,01
CVS3	10:00	1879,75	1689,46	1879,75
CVS4	19:00	2277,54	2277,54	1545,64
		TOTAL kVA	8088,23	6867,56

Fuente: Investigación de campo

Para los alimentadores CVS1, CVS2, CVS4 el pico máximo es en la noche lo que demuestra un comportamiento mayormente residencial, para el alimentador CVS3 como ya se analizó en el punto Curva de carga diaria del alimentador CVS3 su comportamiento tiende a ser mayormente comercial.

Como resultado de la suma de las demandas máximas de los tres alimentadores con comportamiento residencial y el valor de demanda más probable para las 7PM del alimentador CVS3 del literal Curva de carga diaria del alimentador CVS3 se tiene una Dmax en hora pico de 8,088 MVA.

Ahora es conveniente relacionar estos los valores de demanda máxima en hora pico residencial con la capacidad instalada en transformación de la subestación:

$$Fu = \frac{8,088 \text{ MVA}}{10,5 \text{ MVA}}$$

$$Fu = 77,03 \%$$

Para saber si existe la capacidad suficiente para abastecer la nueva demanda del repotenciado Hospital General de Latacunga se analizara el factor de utilización a las 10 AM cuando se tiene la máxima demanda en el establecimiento de salud.

$$Fu = \frac{6,87 \text{ MVA}}{10,5 \text{ MVA}}$$

$$Fu = 65,43 \%$$

De lo indicado podemos decir que los transformadores que alimentan a la subestación El Calvario se encuentran trabajando eficientemente en la hora pico residencial y en

la hora pico del Hospital General de Latacunga, esto sin considerar la interconexión con la subestación La Cocha.

2.2.2.4. Utilización del transformador de la subestación La Cocha

La subestación La Cocha tiene conexión a la subestación Mulalo a un nivel de voltaje de 69 kV y esta última tiene conexión al sistema nacional interconectado asegurando el suministro energético que necesite la demanda, teniéndose un comportamiento de barra Slack. Actualmente la subestación La Cocha tiene instalado un transformador de 10 MVA con enfriamiento natural (OA) y de 12 MVA con ventilación forzada (OA/FA).

En el Anexo 2.6, de datos de demandas del mes de Julio de la subestación La Cocha se obtiene la demanda máxima más probable para cada alimentador; para la interconexión con la subestación El Calvario está destinado el alimentador 2 donde el registro más alto cuando se entrega energía fue de 1,82 MW a las 11:30 AM, sin embargo la mayoría del tiempo se recibe energía como se aprecia en el histograma del Anexo 2.6 con un registro de demanda máximo de 4,325 MW a las 7:00 AM.

TABLA 7. DEMANDA MÁXIMA MÁS PROBABLE kVA, S/E LA COCHA

Alimentador	Hora	KVA	Dmáx a las 19:00
CHS1	19:00	755,25	755,25
CHS3	19:00	1270,77	1270,77
CHS4	9:00	376,07	338,50
CHS5	19:00	2845,03	2845,03
		TOTAL kVA	5209,55

Fuente: Investigación de campo



Para los alimentadores CHS1, CHS3, CHS5 su pico máximo es en la noche lo que demuestra un comportamiento mayormente residencial. Como resultado de la suma de las demandas pico en la franja horaria de 7:00PM de los cuatro alimentadores se tiene una $D_{\text{máx}}$ más probable de 5,21 MVA. Relacionando los valores de demanda máxima en hora pico con la capacidad instalada en transformación de la subestación, tenemos:

$$Fu = \frac{5,21 \text{ MVA}}{10 \text{ MVA}}$$

$$Fu = 52,1 \%$$

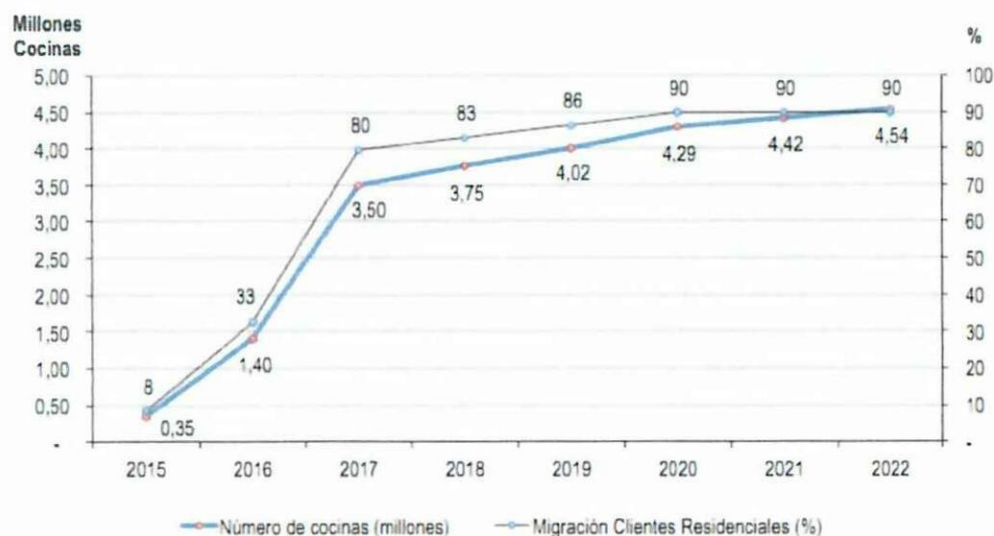
Delo indicado podemos decir que el transformador que alimentan a la subestación La Cocha, sin contar con la interconexión a la subestación El Calvario se encuentra trabajando eficientemente, habrá que considerar que para todos los horarios existe un aporte importante por medio de la interconexión a la subestación El Calvario, lo que disminuye la utilización del transformador.

Luego de analizar la situación actual de la subestación El Calvario que es donde directamente se suministra la energía al alimentador CVS3, y de la subestación La Cocha que indirectamente aporta al alimentador en estudio, se puede decir que existe capacidad suficiente para abastecer la demanda proyectada del repotenciado Hospital General de Latacunga, así lo confirma la Factibilidad de servicio No. 097-2014, donde se menciona que la empresa eléctrica distribuidora ELEPCO S.A está en capacidad de suministrar 1700 kVA de potencia y la energía necesaria al proyecto. (La factibilidad de servicio se aprecia en el Anexo 2.10)

2.2.2.5. Factores de escalamiento del alimentador CVS3 para NEPLAN considerando PEC

Para la proyección del alimentador CVS3 considerando programa de eficiencia energética para cocción por inducción y calentamiento de agua con electricidad, el estudio se basará en los datos del volumen II, estudio y gestión de la demanda eléctrica del Plan Maestro de Electrificación 2013-2022, y del documento: Metodología para determinar el impacto de la incorporación masiva de cocinas de inducción sobre el sistema eléctrico de distribución del MEER, (Anexo 2.11).

FIGURA 14. CURVA DE PENETRACIÓN DE COCINAS EN EL SNI



Fuente: CONELEC Plan maestro de electrificación 2013-2022 (04-08-2014)

Según lo expuesto por el CONELEC en el PLAN MAESTRO DE ELECTRIFICACIÓN 2013-2022 (2013:72), y según lo visto en la figura 14, se observa un plan agresivo que al tercer año de implementación (2017) prevé una migración próxima al 80% de los clientes residenciales a nivel nacional. La migración de cocinas por empresa espera alcanzar un 90% de los clientes

residenciales en el 2020, contado a partir del primer año de inicio del programa año 2014.

Para el MEER, en su documento oficial METODOLOGÍA PARA DETERMINAR EL IMPACTO DE LA INCORPORACIÓN MASIVA DE COCINAS DE INDUCCIÓN SOBRE EL SISTEMA ELÉCTRICO DE DISTRIBUCIÓN (2013:5), menciona que una cocina encimera de inducción de 3,5 kW o menos tiene un factor de demanda de 80%, por lo que para el caso de la cocina de 3 kW resulta en una demanda individual de 2,4 kW; $f_p=0,95$ a nivel de alimentador primario, subestación y sistema de potencia.

FIGURA 15. CURVA DE CARGAS WESTINGHOUSE

Load Characteristics

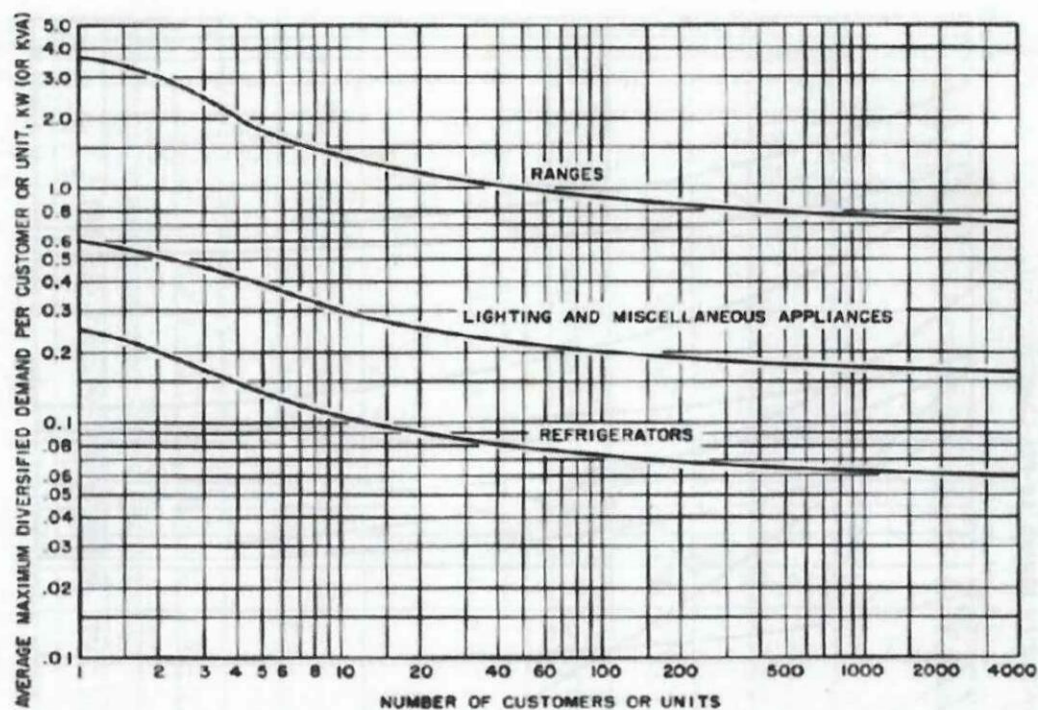


Fig. 7—Basic Diversified Demand Characteristics as Given in Reference 6.

Fuente: Rural Electrification Administration (actualmente Rural Utilities Service), Washington, USA

[08-08-2014]

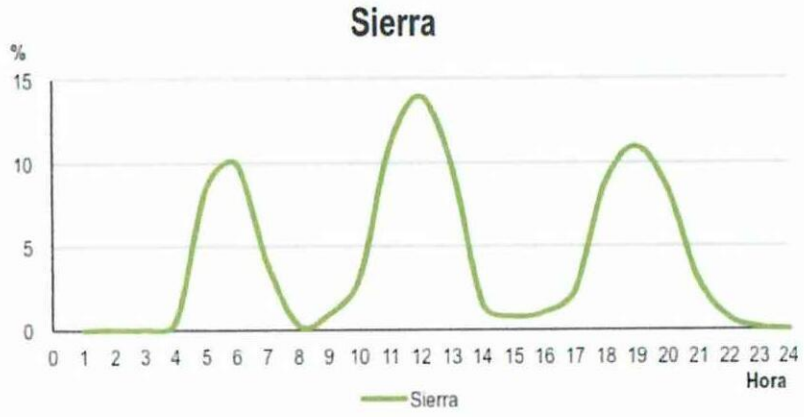
Según metodología empleada por el MEER para determinar el incremento de la demanda por las cocinas de inducción se utilizara la curva de aplicaciones misceláneas de la Figura 15, como en el alimentador CVS3 se cuenta con 510 usuarios residenciales se adoptara el valor de 0,19 de factor de coincidencia, ahora multiplicando la demanda individual de 2,4 kW por el factor de coincidencia encontrado de la curva se tiene un valor de 456 W por usuario de demanda máxima diversificada. Los usuarios del alimentador CVS3 clasificados por tipo se muestra en el Anexo 2.12.

TABLA 8. DEMANDA COINCIDENTE DE LA COCINA DE INDUCCIÓN EN EL ALIMENTADOR CVS3

P. de cocina para el estudio (W)	Factor de demanda	Demanda individual	Factor de coincidencia para 510 usuarios R	Dmáx. Diversificada (W)
3000	0,8	2400	0,19	456

Fuente: Investigación de campo

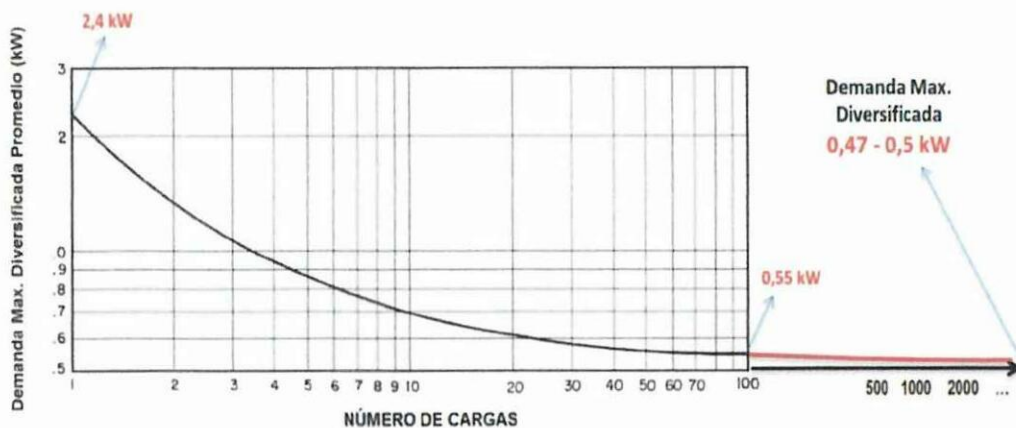
FIGURA 16. PERFIL DE CARGA ASOCIADO AL USO DE LA COCINA DE INDUCCIÓN EN LA REGIÓN SIERRA



Fuente: CONELEC Plan maestro de electrificación 2013-2022 (04-08-2014)

Para obtener la curva de carga diaria de las cocinas de inducción se utilizara la Figura 16 Perfil de carga asociado al uso de la cocina de inducción en la región sierra, asociando la máxima demanda a medio día.

FIGURA 17. CURVA DE CARGA CARACTERÍSTICA DE COCINAS A INDUCCIÓN



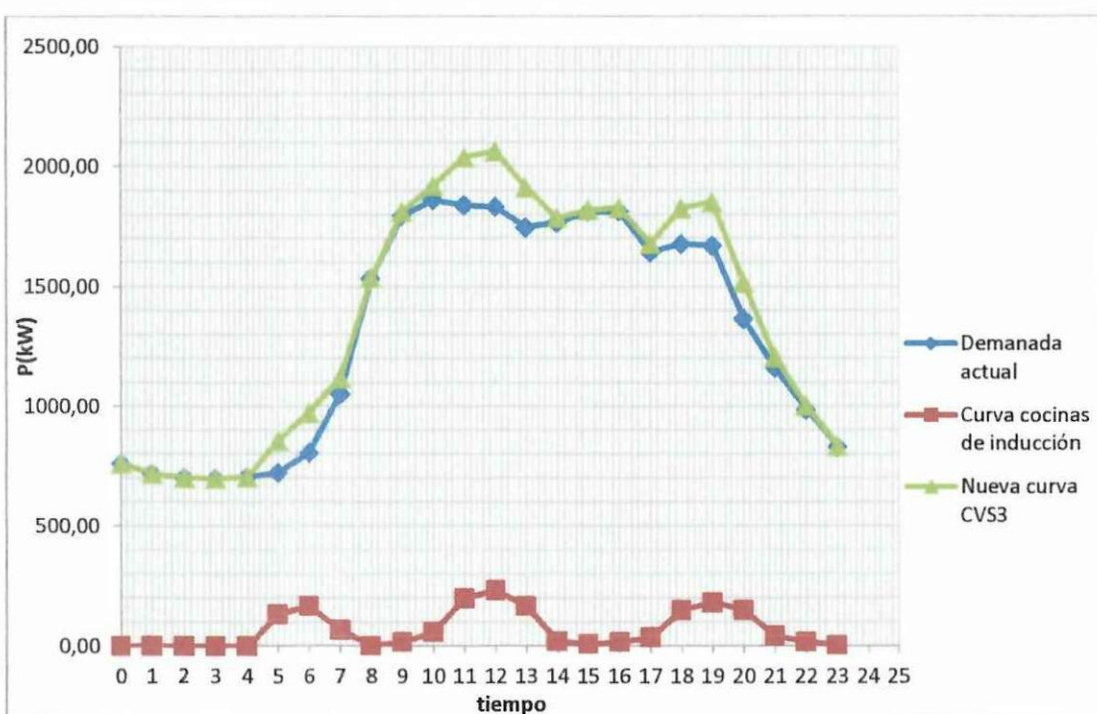
Dmax. Diversificada: 470 - 500 W

Fuente: CONELEC (Estudio y Gestión de la Demanda Eléctrica) (05-08-2014)

Para obtener el incremento de demanda en el alimentador solo queda multiplicar la demanda máxima diversificada encontrada por el número de usuarios residenciales y sumar este valor a la curva al dato de medio día del alimentador, como lo sugiere el MEER en su documento oficial METODOLOGÍA PARA DETERMINAR EL IMPACTO DE LA INCORPORACIÓN MASIVA DE COCINAS DE INDUCCIÓN SOBRE EL SISTEMA ELÉCTRICO DE DISTRIBUCIÓN (2013:5); Además, para el caso de los alimentadores primarios se deberá valorar la coincidencia al pico del medio día con el valor de la demanda máxima diversificada, mientras que

para el pico de la noche se valorará con el 60% de la demanda máxima diversificada.

FIGURA 18. CURVA DEL ALIMENTADOR CVS3 CON ENTRADA DE COCINAS A INDUCCIÓN



Fuente: Investigación de campo

La suma de la curva actual con la de las cocinas a inducción nos da una nueva curva que para el presente alimentador se observa en la figura 18, el pico más alto se da a medio día. Los valores en por unidad que serán ingresados al programa de simulación NEPLAN para la curva diaria se presentan a continuación.

TABLA 9. FACTORES DE ESCALAMIENTO DIARIO PARA EL INGRESO DE LA CURVA DIARIA AL PROGRAMA NEPLAN CONSIDERANDO COCINAS DE INDUCCIÓN

Hora	Factor de escalamiento diario NEPLAN
0	0,368
1	0,348
2	0,340
3	0,339
4	0,341
5	0,414
6	0,471
7	0,542
8	0,745
9	0,878
10	0,929
11	0,987
12	1,000
13	0,926
14	0,865
15	0,881
16	0,886
17	0,813
18	0,885
19	0,897
20	0,734
21	0,583
22	0,485
23	0,405

Fuente: Investigación de campo

Con el ingreso de las cocinas a inducción al alimentador se tendrá un incremento de la demanda de 10,97% a este valor habrá que sumarle el crecimiento tendencial del alimentador urbano de 3%, los valores de escala el dato de la curva total y aplicando relaciones de proporcionalidad obtenemos los factores de escalamiento anuales para el ingreso de la nueva curva al programa NEPLAN, los cálculos realizados se encuentran en el Anexo 2.13.



TABLA 10. FACTORES DE ESCALAMIENTO ANUAL PARA EL INGRESO AL PROGRAMA NEPLAN CONSIDERANDO PROGRAMA PEC Y PROYECCIÓN TENDENCIAL

	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
PENETRACIÓN DE COCINAS EN EL S.N.I.	Punto inicio	8,00%	33,00%	80,00%	83,00%	86,00%	90,00%	90,00%	90,00%
Proyección PEC	Punto inicio	0,98%	4,02%	9,75%	10,12%	10,49%	10,97%	10,97%	10,97%
Tendencial	Punto inicio	3,00%	6,00%	9,00%	12,00%	15,00%	18,00%	21,00%	24,00%
PEC+ tendencial	Punto inicio	3,98%	10,02%	18,75%	22,12%	25,49%	28,97%	31,97%	34,97%
Factor de escalamiento con incremento anual NEPLAN	1	1,04	1,10	1,19	1,22	1,25	1,29	1,32	1,35

Fuente: Investigación de campo

2.2.2.6. Curvas de carga del Hospital General de Latacunga

Para representar las cargas asociadas a los transformadores del Hospital General de Latacunga en el diagrama unifilar del programa de simulación, se necesita conocer la cargabilidad de los dos transformadores existentes, por ende se hace imprescindible conocer la demanda actual, para tal fin y en base a que la instalación no cuenta con un medidor registrador de demanda, se instaló un analizador de energía AEMC Instruments modelo 3945, en el transformador principal de 500 KVA, y un analizador de energía Fluke 1735 en el transformador de imagenología de 112,5 KVA; esta información se tomara como referencia en la proyección de la entrada en funcionamiento del repotenciado Hospital General de Latacunga.

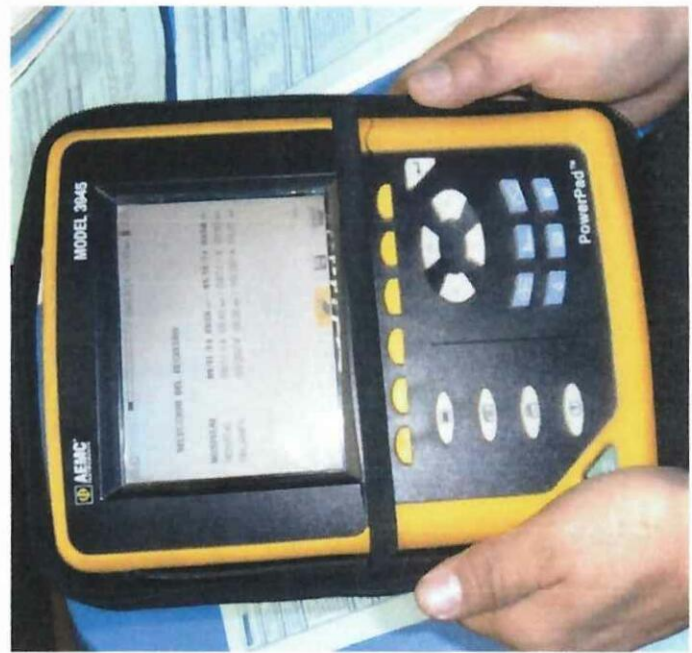
FIGURA 19. CÁMARA DE TRANSFORMACIÓN DEL HOSPITAL GENERAL DE LATACUNGA CON EL ANALIZADOR DE CARGA FLUKE 1735 INSTALADO EN EL TRANSFORMADOR DE 112,5 KVA DE IMAGENOLOGÍA



Fuente: Investigación de campo

FIGURA 20. ANALIZADORES DE CARGA UTILIZADOS EN EL ESTUDIO

ANALIZADOR AEMC INSTRUMENTS MODELO
3945



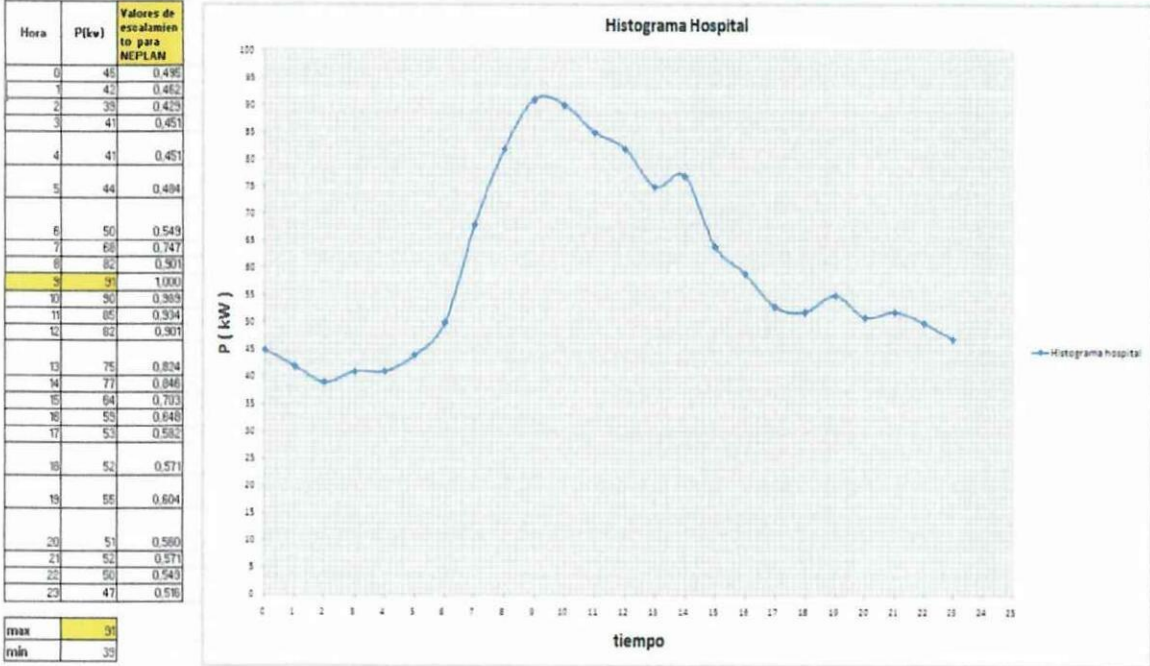
ANALIZADOR FLUKE 1735



Fuente: Investigación de campo

Las mediciones fueron registradas por siete días continuos con lapsos de 10 minutos, según la REGULACIÓN No. CONELEC – 004/01, desde el día 11 de septiembre hasta el día 18 del mismo mes para el transformador de 500 KVA y desde el día 27 de octubre al 4 de noviembre para el transformador de 112,5 KVA.

FIGURA 21. CURVA DE CARGA DIARIA DEL TRANSFORMADOR PRINCIPAL DEL HOSPITAL GENERAL DE LATACUNGA APLICANDO HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS



Fuente: Investigación de campo

Para graficar la curva de carga diaria del transformador principal del Hospital General de Latacunga y obtener los valores más probables de potencia activa para cada hora, se aplicó histograma de frecuencias a los datos descargados del analizador de carga

AEMC 3945, de la misma manera se obtuvo el factor de potencia más probable, ver Anexo 2.14.

De las mediciones registradas en el registrador de energía la demanda máxima más probable fue de 92,047 kW en la franja horaria de las 10:00 AM, se tomara en cuenta esta medición para encontrar la utilización del transformador principal, se encontró el factor de potencia para cada fase por histograma de frecuencias dando un factor de potencia promedio de la instalación de 0,94.

TABLA 11. CAPACIDAD INSTALADA ACTUAL Y UTILIZACIÓN DEL TRANSFORMADOR PRINCIPAL DEL HOSPITAL GENERAL DE LATACUNGA

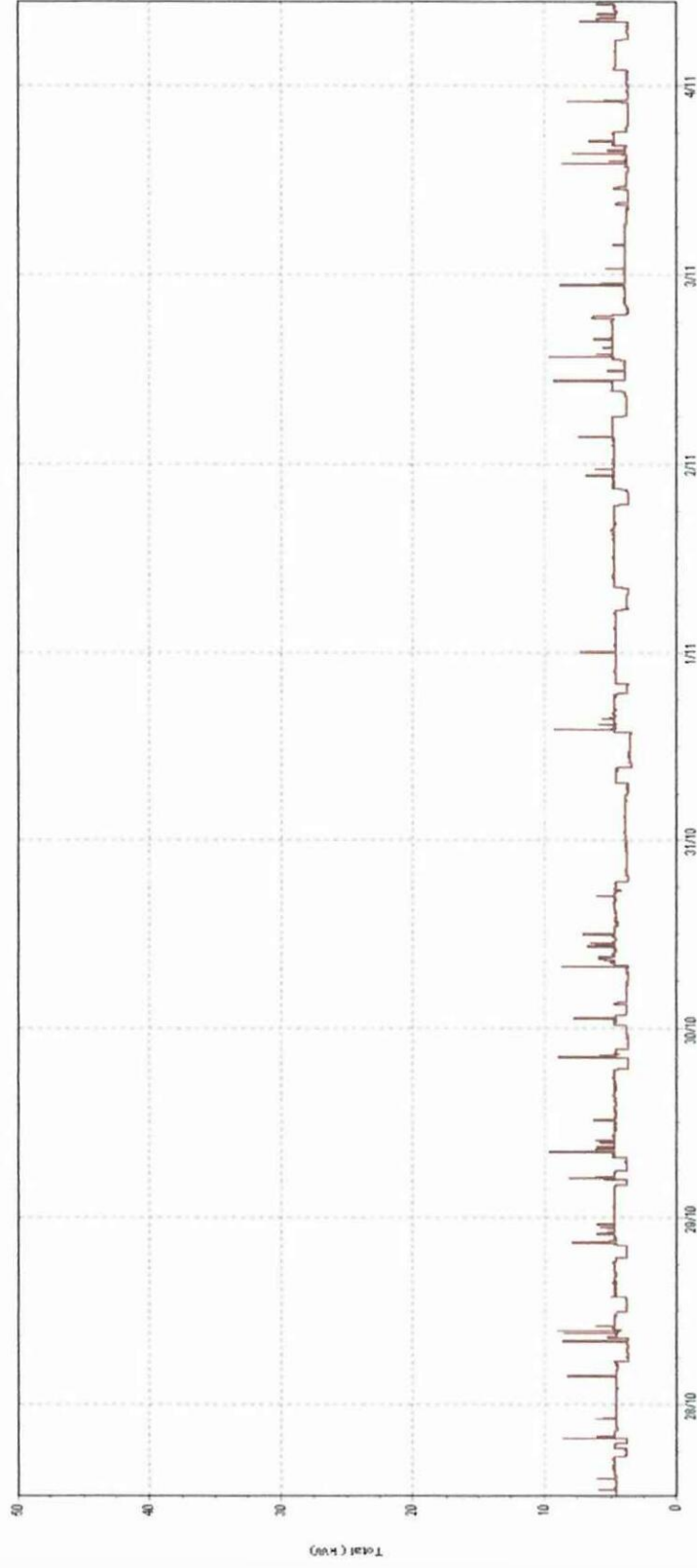
PROPIEDAD		CAPACIDAD DEL TRAFO ABC (3Φ)		
HOSPITAL GENERAL DE LATACUNGA		500	KVA	
TOTAL		500	KVA	

	kW	fp	kVA	%UTILIZACIÓN
Dmáx	92,047	0,94	97,92	20%

Fuente: Investigación de campo

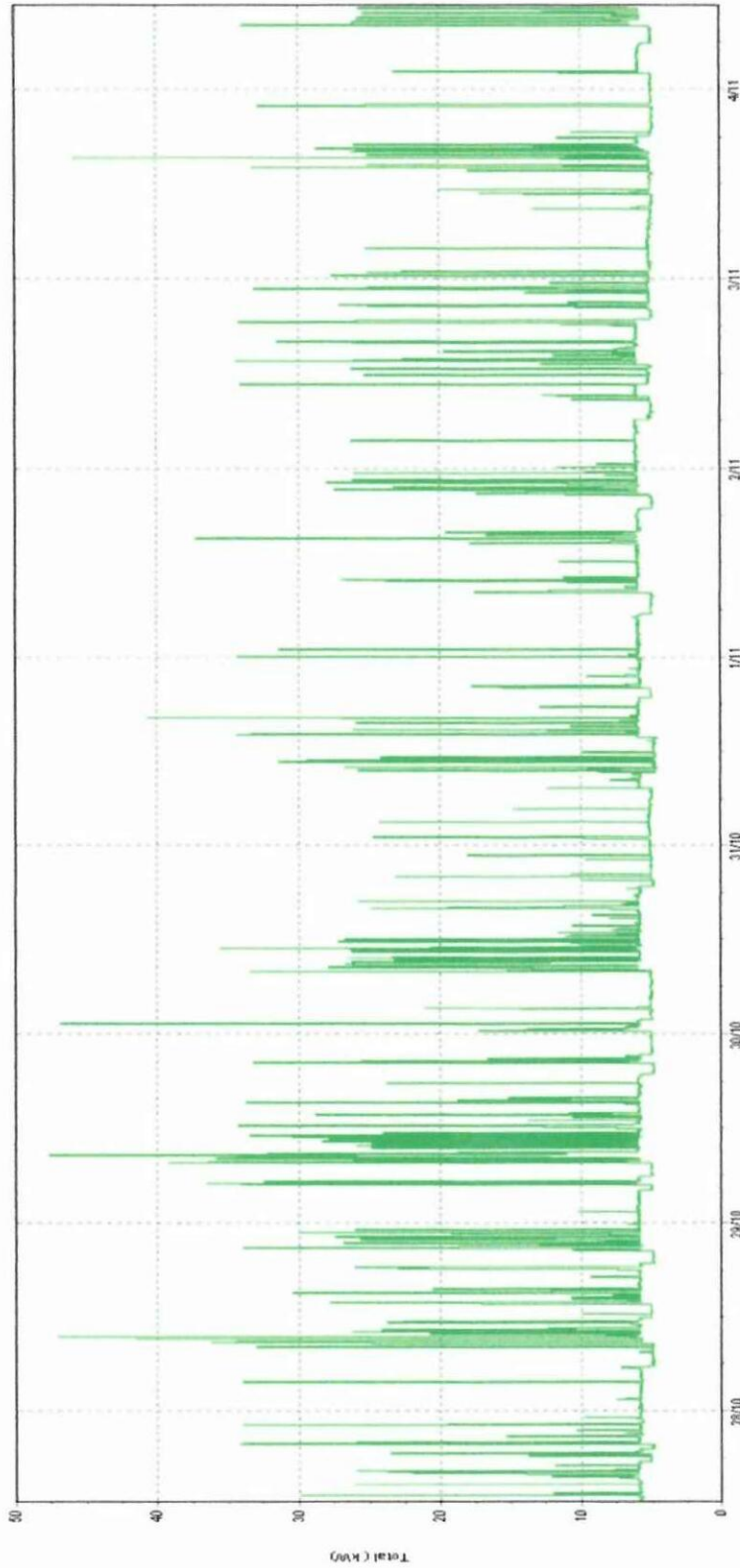
Delo indicado podemos decir que el transformador principal de la instalación se encuentra subcargado.

FIGURA 22. CURVA DE POTENCIA MEDIA REGISTRADA DEL 27/10/2014 AL 04/11/2014 TOMADA DEL SOFTWARE POWER LOG 2.9



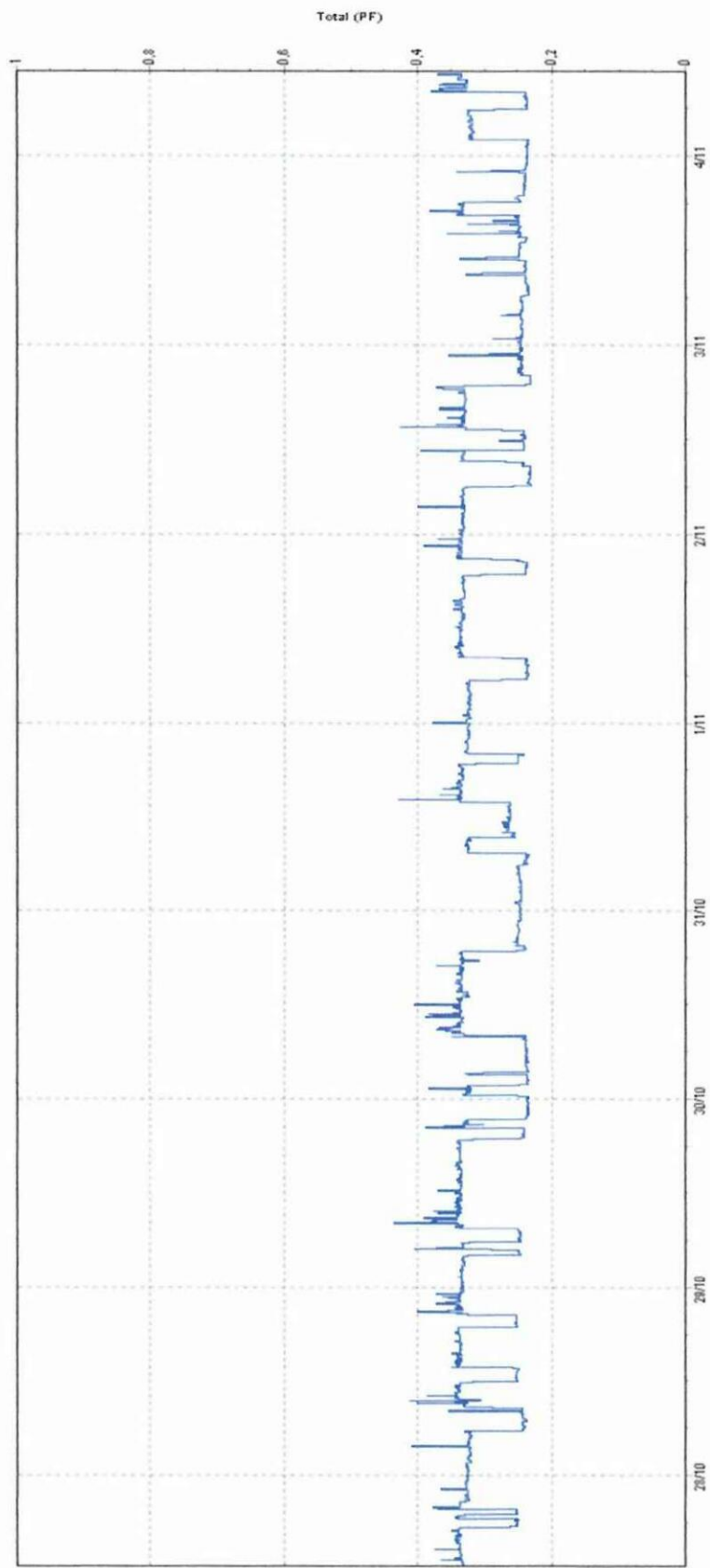
Fuente: Software Power Log 2.9

FIGURA 23. CURVA DE POTENCIA MÁXIMA REGISTRADA DEL 27/10/2014 AL 04/11/2014 TOMADA DEL SOFTWARE POWER LOG 2.9



Fuente: Software Power Log 2.9

FIGURA 24. CURVA DE FACTOR DE POTENCIA MEDIA REGISTRADA DEL 27/10/2014 AL 04/11/2014 TOMADA DEL SOFTWARE POWER LOG 2.9



Fuente: Software Power Log 2.9

El análisis realizado por histograma de frecuencias a las mediciones registradas de demanda del transformador dedicado a imagenología de 112,5 KVA se encuentran en el Anexo 2.14, se puede observar que existe una media de 6 KW de demanda base que prevalece en todos los horarios a lo largo de las 24 horas, se puede acreditar esta información con la imagen de potencia media descargada del software Power Log 2.9 (software que sirve para sincronizar la información entre el analizador de energía Fluke 1735 y la computadora), ver Figura 22; el valor del factor de potencia predominante mientras se tiene la demanda base está en el orden de 0,4; ver Figura 24.

Al entrar en funcionamiento los equipos de imagenología se corrige el factor de potencia en el orden de 0,92.; el horario de uso de equipos de imagenología en el transcurso del día es indistinto y se da más en base a la necesidad de utilización, sin embargo se observa que el registro de los picos más altos se dan en el horario diurno especialmente la mañana, ver Figura 23.

TABLA 12. CAPACIDAD INSTALADA ACTUAL Y UTILIZACIÓN DEL TRANSFORMADOR DE IMAGENOLOGÍA DEL HOSPITAL GENERAL DE LATACUNGA

PROPIEDAD		CAPACIDAD DEL TRAF0 ABC (3Φ)		
HOSPITAL GENERAL DE LATACUNGA (RX)		112,5	KVA	
TOTAL		112,5	KVA	

	kW	fp	kVA	%UTILIZACIÓN
Dmáx	47,639	0,92	51,78	46,0%

Fuente: Investigación de campo

Para calcular los datos de utilización del transformador de imagenología se considerara la máxima demanda registrada en los siete días de mediciones de 47,639 kW con un factor de potencia de 0,92; las dos mediciones corresponden al mismo instante de registro, se escogen estos valores por que el transformador dedicado a equipos de Rayos X debe abastecer los picos más altos de estas cargas especiales aunque se den por pequeños lapsos de tiempo.

Delo indicado podemos decir que el transformador de imagenología del Hospital Provincial General de Latacunga se encuentra subcargado.

2.2.2.7. Factores de escalamiento del repotenciado Hospital General de Latacunga para el ingreso al programa NEPLAN

Para proyectar la demanda que se tendrá en los transformadores que abastecerán a los nuevos bloque B, C y al repotenciado bloque A, y para no generalizar el bajo factor de demanda y de utilización en hospitales, se visitó las instalaciones del hospital del Seguro Social de la ciudad de Ambato, donde cordialmente se facilitó al investigador las mediciones del mes de Julio (históricamente son las más altas en el año), gracias al registrador de demanda que tiene la instalación.

Se escogió este hospital porque su capacidad en camas es de 300 pero instaladas y en uso se encuentran 210 camas, que está cercana a las 200 camas que se tiene proyectado instalar en el repotenciado Hospital General de Latacunga, su área de construcción es de 40000 m² repartidos en 9 pisos y un subsuelo, dando un área de construcción mayor a la esperada en el Hospital General de Latacunga, el hospital del IESS está clasificado en nivel II en la misma clasificación que se encuentran los hospitales generales.



En el sitio se observó que la instalación cuenta con tres transformadores, dos de 800 kVA y uno de 200 kVA, donde uno de los transformadores de 800 kVA abastece toda la demanda del hospital, en el Anexo 2.14 histograma hospitales se encuentra el análisis realizado a las mediciones, de la misma manera que se viene trabajando en el estudio se construyó la curva de carga diaria por histograma de frecuencias donde se obtuvo sus demandas máximas más probables para cada hora, como dato adicional el valor máximo de demanda se dio el 10 de Julio a las 9:40 AM con 336,96 kW y un factor de potencia de 0,97.

TABLA 13. CAPACIDAD INSTALADA ACTUAL Y UTILIZACIÓN DEL TRANSFORMADOR PRINCIPAL DEL HOSPITAL DEL IESS AMBATO

PROPIEDAD		CAPACIDAD DEL TRAFIO ABC (3Φ)		
HOSPITAL DEL IESS AMBATO		800	KVA	
TOTAL		800	KVA	

	kW	fp	kVA	%UTILIZACIÓN
Dmáx	312,80	0,97	322,47	40,31%

Fuente: Investigación de campo

Con esta información adicional se puede comprobar que la demanda comparada con la carga conectada y por ende la utilización de los transformadores en los hospitales es baja, esto sobretodo porque los transformadores se dimensionan de acuerdo a la cantidad de equipos presentes en los establecimientos de salud, sin embargo el uso de dichos equipos es bajo y está de acuerdo a la necesidad que se presente.

Los bajos valores de utilización de transformación van de la mano con el bajo factor de demanda general presente en hospitales, en la tesis titulada Factor de demanda practico en instalaciones eléctricas de hospitales del ingeniero José Martínez, se recopila dos tablas la primera de factores de demanda reales de algunos hospitales en Estados Unidos de Norte América mientras la segunda corresponde a los valores de demanda reales encontrado en hospitales de Inglaterra, las tablas se pueden ver en el Anexo 2.15, donde se observa que el factor de demanda está en el orden del 30% al igual que en el hospital Militar que es donde se centra una parte del estudio de la citada tesis.

Para citar antecedentes de factores de demanda en hospitales del Ecuador se acudió a estudios previos de años recientes, como la tesis Análisis y evaluación del dimensionamiento de los transformadores para servicio del hospital San Francisco de Quito en el periodo 2014, de la ingeniera Ana Buitrón donde en el literal 5.2.7. Factor de demanda, para el transformador principal de 750 kVA corresponde un factor de demanda de 0,17 y para el aire acondicionado un factor de demanda de 0,18. El hospital San Francisco de Quito señala el autor tiene capacidad para 128 camas fijas, la demanda de potencia aparente máxima para toda la instalación es de 362,62 kVA.

En la tesis titulada, 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 en el periodo 2010, de los ingenieros Luis Aguirre y German Herrera, se expone una carga instalada de 621,4 kW para el transformador principal de 800 kVA, y una demanda máxima registrada de 130 kW para el mismo transformador, relacionando la demanda máxima para la carga instalada se tiene un factor de demanda de 0,21. El hospital San Vicente de Paúl señala el autor tiene capacidad para 220 camas pero instaladas se encuentran 167 camas, la demanda de potencia aparente máxima para toda la instalación es de 145,57 kVA.

Para obtener el factor de demanda general por transformador del actual Hospital General de Latacunga, se acudió al área de mantenimiento donde con la ayuda del ingeniero Diego Hidalgo coordinador del área, se actualizó una tabla con la carga total instalada del año 2011 de un estudio previo titulado Evaluación y diagnóstico del sistema eléctrico del Hospital provincial general de Latacunga del Ingeniero Jorge Núñez, la tabla actualizada con la carga por áreas se cita en el Anexo 2.16.

TABLA 14. FACTOR DE DEMANDA GENERAL DEL HOSPITAL GENERAL DE LATACUNGA POR TRANSFORMADOR

	Carga instalada	Demanda Máxima	Factor de demanda (fd)
T500KVA(Transformador principal)	499	92,047	0,184
T125KVA(Imagenología)	190	47,639	0,251

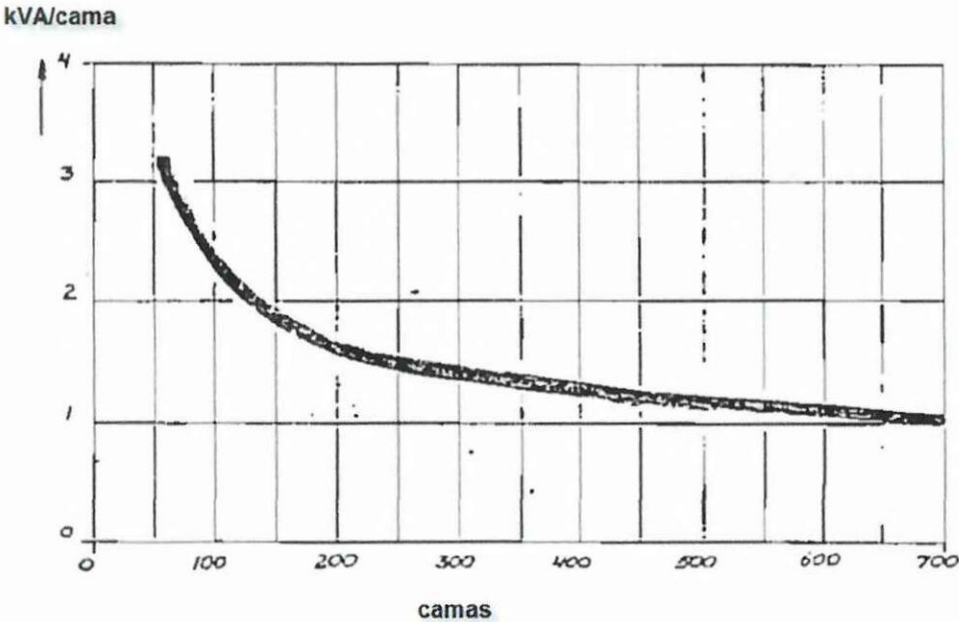
Fuente: Investigación de campo

Los bajos factores tanto de utilización como de demanda presentes en establecimientos de salud se debe sobre todo a que en las áreas del sistema eléctrico esencial los factores tanto de coincidencia como de demanda para el diseño son cercanos a la unidad, esto se debe a que los hospitales deben ser diseñados para catástrofes aunque estas nunca lleguen a ocurrir, y si llegase el caso el sistema no colapse.

Según **Martínez José (1980:104)**, Recomendaciones para estimación de la demanda en Hospitales, menciona a mayor número de camas, disminuye la potencia necesaria específica por cama. La relación entre el número de camas y la potencia necesaria se indica en la Figura 25, la cual es el resultado de una estadística de Hospitales con

climatización e instalaciones eléctricas parciales. Según el grado de electrificación de las áreas señala el autor han de aumentarse los valores dados entre un 15% y 30 %.

FIGURA 25. RELACIÓN NUMERO DE CAMAS Y LA DEMANDA DE UN ESTABLECIMIENTO DE SALUD



Fuente: Instalaciones eléctricas de Albert Spitta (10-11-2014)

Según la gráfica, para el hospital del IESS corresponde en la tabla una demanda de 1,58 kVA/cama para las 210 camas instaladas actualmente, dando un total de 331,8 kVA, cuando según el histograma de frecuencia aplicado a las mediciones del registrador de demanda se tiene un máximo más probable de 312,8 kW que pasados a potencia aparente se tiene 322,47 kVA con lo que comprobamos la utilidad de la tabla; entonces para las 200 camas previstas a ser instaladas en el hospital General de Latacunga corresponde 1,6 kVA/cama que nos da una demanda total aproximada de 320 kVA.

Cabe indicar que la gráfica de la Figura 25 es más una guía para el dimensionamiento de la cámara de transformación en hospitales, y es el resultado de una estadística de hospitales con climatización e instalaciones eléctricas parciales.

Al entrar en funcionamiento un hospital nuevo deben preverse reservas para el suministro de energía por la consideración del incremento de las cargas, pudiendo ser entre otros factores por variaciones de los equipos proyectados, instalaciones no previstas, condiciones climáticas, mejoras en la instalación, aumento de la población en la institución, aumento de potencia o número de equipos de servicio, aumento de equipos que se alimentan de tomacorrientes, aumento de los requisitos de iluminación.

Para el incremento de la demanda del Hospital General de Latacunga se tomara en cuenta como valor inicial el obtenido de la Figura 25 (320 kVA) y como valor proyectado el resultado de aplicar un factor de demanda real en hospitales de 0,3 a la carga proyectada en diseño para hospital.

TABLA 15. VALORES DE ESCALAMIENTO PARA EL PROGRAMA DE SIMULACIÓN NEPLAN DEL REPOTENCIADO HOSPITAL GENERAL DE LATACUNGA

	Carga instalada					
T1(750kVA) Bloque existente A y climatización	1183,95	Factor de demanda real en hospitales	Valor inicial de demanda para el estudio (kVA) Fig22	Incremento de la demanda (KVA)	Incremento de la demanda %	Incremento del valor de escalamiento anual para NEPLAN %
T2(750kVA) Bloque B, C	1168,81	0,3	320,00	385,83	120,57	15,07
TOTAL (KVA)	2352,76	705,83				

Fuente: Investigación de campo

Para el bloque A y climatización la carga instalada proyectada es de 1089,23 kW; para el bloque B y C la carga instalada proyectada corresponde a 1075,306 kW, (véase Anexo 2.17 cuadros de carga), dando un total de carga instalada de 2164,536 kW, que pasada a potencia aparente con un factor de potencia de 0,92 se tiene 2352,76 kVA totales de carga instalada.

Como valor proyectado de demanda para el último año de estudio se aplicó un factor de demanda de 0,3 (valor real visto en hospitales) al total de carga conectada, entonces el valor esperado será de 705,83 kVA.

2.2.3. Ingreso del diagrama unifilar al software NEPLAN

Con la información del portal eléctrico de distribución sobre el alimentador en estudio y mediante la observación al diagrama unifilar del Anexo 2.18 en formato Geo_pdf que puede ser leído por el lector de pdf Adobe Reader¹⁰, mismo que fue exportado del programa ArcGis con los atributos necesarios y concedido al investigador a través del departamento técnico de ELEPCO, se procede a dibujar los componentes del alimentador a nivel de primario en el programa de simulación NEPLAN versión 5.43.

Los elementos eléctricos que serán ingresados son: transformadores, conductores, cargas, equivalente de red, el mencionado software cuenta con la ayuda de una herramienta gráfica de inserción de planos en la pantalla, para que el diagrama eléctrico se pueda visualizar de manera más real, en el Anexo 2.19 se muestra el diagrama unifilar actual con su respectiva cartografía.

Ingreso de nodos de medio voltaje

Los datos mínimos para registrar son el nombre de la barra, voltaje nominal (Vn.kV),

frecuencia (f..Hz), voltaje mínimo expresado en porcentaje (V_{mín}..%) y voltaje máximo expresado en porcentaje (V_{máx}..%).

FIGURA 26. PARÁMETROS DE UN NODO DE MEDIO VOLTAJE

The image shows a software window titled "Parámetros" with the following fields and values:

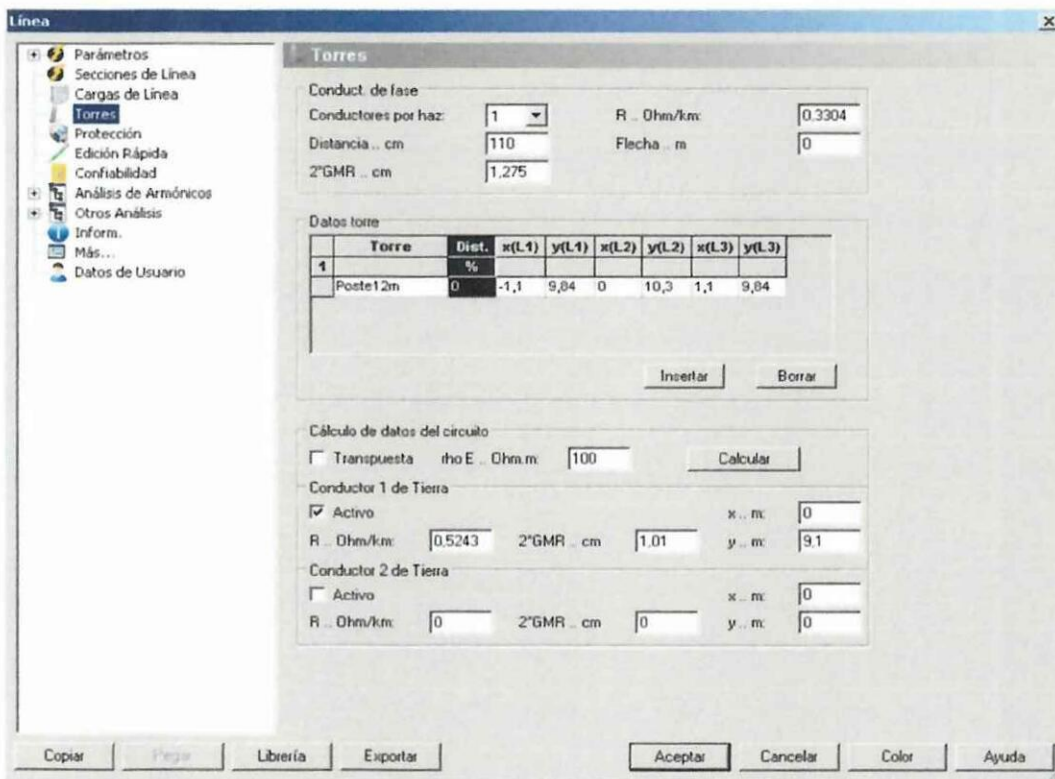
Nombre:	MV-hospital		
Tipo:	[Empty] ...		
Área:	Área 1 ...		
Zona:	Zona 1 ...		
Tipo de nodo:	Nodo		
Vn .. kV:	13,8	f .. Hz:	60
Vobj .. %:	0	ip máx .. kA:	0
Vmín .. %:	95	t dp .. s:	0
Vmáx .. %:	105		

Fuente: Software NEPLAN (09-09-2014)

Ingreso de conductores aéreos

Para el ingreso de la impedancia del conductor aéreo de medio voltaje dispuesto en postera, tanto de secuencia positiva, negativa y cero, se cuenta con la ayuda de la pestaña torres en los datos de entrada de líneas, de esta forma los parámetros de una línea trifásica se calcularán ingresando la característica del conductor y los datos de su disposición.

FIGURA 27. EJEMPLO DE CALCULO DE IMPEDANCIA DE CONDUCTOR UTILIZANDO TORRES



Fuente: Software NEPLAN (09-09-2014)

Para poder entrar los datos de la disposición, es necesario insertar una torre que representara la posteria, las respectivas torres tendrán que ingresarse previamente de manera gráfica desde la ventana de símbolos, no es necesario dibujar varias torres simplemente una tipo por cada clase y asociarla.

En la sección conductor de fase se llenan los parámetros del conductor, utilizando para ello tablas de un fabricante, en la sección datos de torre los conductores que estén a la izquierda de la torre se deben ingresar con coordenadas negativas x, los conductores que están a la derecha de la torre se deben ingresar con coordenadas positivas, como en todas las redes se utiliza un neutro como retorno marcamos como

activo en la sección de conductor de tierra, así mismo llenamos los datos del conductor neutro.

TABLA 16. DATOS DE CABLES DE ALUMINIO REFORZADO CON ACERO (ACSR)

CÓDIGO CABLEC	CLAVE	CALIBRE	SECCION ALUMINIO APROX.	SECCION TOTAL APROX.	EQUIV. EN COBRE	ALUMINIO		ACERO		DIAMETRO EXTERIOR APROX.	DIAMETRO NUCLEO ACERO	TENSION RUPTURA	RESIST. C.C. y 20°C	PESO APROXIMADO			CAPAC. CONDUCT.
						# HILOS	DIAM. HILO	# HILOS	DIAM. HILO					ALUM.	ACERO.	TOTAL	
		AWG o MCM	mm ²	mm ²	mm ²		mm		mm	mm	Kg	ohm/Km	Kg/Km	Kg/Km	Kg/Km	Amp	
FA 08	*WREN	8	8.34	9.73	5.23	6	1.33	1	1.33	3.99	1.33	340.0	3.4017	22.90	10.81	33.71	58
FA 06	TURKEY	6	13.30	15.52	8.34	6	1.68	1	1.68	5.04	1.68	539.8	2.1135	33.52	17.27	53.79	70
	THRUSH	5	16.83	19.64	10.55	6	1.89	1	1.89	5.67	1.89	675.8	1.7070	43.21	21.86	66.07	80
FA 04	SWAN	4	21.18	24.71	13.26	6	2.12	1	2.02	6.36	2.12	843.6	1.3278	53.15	27.46	85.61	95
FA 02	SPARROW	2	33.59	39.19	21.06	6	2.67	1	2.67	8.01	2.67	1292.7	0.8343	92.22	43.57	135.79	130
	ROBIN	1	42.41	49.48	26.59	6	3.00	1	3.00	9.00	3.00	1610.2	0.6621	113.44	55.00	171.44	150
FA 10	RAVEN	1/0	53.52	62.44	33.56	6	3.37	1	3.37	10.11	3.37	1986.6	0.5243	143.94	69.40	216.34	175
FA 20	QUAIL	2/0	67.33	78.55	42.22	6	3.78	1	3.78	11.34	3.78	2403.9	0.4160	184.86	97.29	272.15	235
FA 30	PIGEON	3/0	85.12	93.30	53.37	6	4.25	1	4.25	12.75	4.25	3002.6	0.3304	233.70	110.32	344.02	240
FA 40	FENGUIN	4/0	107.22	125.09	67.23	6	4.77	1	4.77	14.31	4.77	3787.3	0.2616	294.38	139.03	433.41	275
FA 42	FARTRIDGE	266.8	134.87	158.87	84.57	26	2.57	7	2.00	16.28	6.00	5125.4	0.2100	373.94	171.84	545.79	355
FA 44	*OWL	266.8	134.87	153.00	84.57	6	5.36	7	1.79	16.09	5.37	4330.2	0.2109	373.30	141.05	511.35	350
FA 46	WAXWING	266.8	134.87	142.48	84.57	18	3.09	1	3.09	15.45	3.09	3129.6	0.2119	365.56	59.21	424.76	345
	*PIPER	300.0	152.01	187.46	95.32	30	2.54	7	2.54	17.78	7.62	7000.9	0.1902	422.49	277.06	699.56	410
	OSTRICH	300.0	152.01	176.90	95.32	26	2.73	7	2.02	17.28	6.36	5760.4	0.1867	421.47	194.42	615.89	390
FA 52	ORIOLE	336.4	170.50	210.28	106.91	30	2.69	7	2.69	18.83	8.07	7846.8	0.1654	473.89	310.73	784.61	425
FA 54	LINNET	336.4	170.50	198.39	106.91	26	2.89	7	2.25	18.31	6.75	6395.4	0.1663	472.73	217.85	690.58	420
FA 56	MERLIN	336.4	170.50	179.68	106.91	18	3.47	1	3.47	17.35	3.47	3946.1	0.1660	462.12	71.42	533.55	435
FA 58	CHICKADEE	397.5	200.93	212.09	125.99	18	3.77	1	3.77	18.85	3.77	4490.4	0.1421	544.60	86.82	631.43	430
FA 60	BRANT	397.5	200.93	227.68	125.99	24	2.27	7	2.08	19.62	6.54	6622.1	0.1431	557.10	208.95	765.05	450
FA 62	LARK	397.5	200.93	247.77	125.99	30	2.92	7	2.92	20.44	8.76	9207.5	0.1401	553.46	365.87	924.34	475
FA 64	IBIS	397.5	200.93	234.07	125.99	26	3.14	7	2.44	19.88	7.32	7393.2	0.1411	557.10	258.86	815.96	470
FA 66	PELICAN	477.0	242.31	255.77	151.94	18	4.14	1	4.04	20.70	4.14	5352.1	0.1184	653.76	104.72	761.48	520
FA 68	FLICKER	477.0	242.31	272.99	151.94	24	3.58	7	2.39	21.49	7.17	7801.4	0.1178	671.83	239.65	911.48	530
FA 70	HEN	477.0	242.31	297.57	151.94	30	3.20	7	3.20	22.40	9.60	10795.0	0.1165	673.47	431.64	1105.12	540
FA 72	HAWK	477.0	242.31	281.13	151.94	26	3.44	7	2.68	21.80	8.04	8844.6	0.1171	671.83	303.23	975.06	540
	HERON	500.0	253.49	312.64	159.95	30	3.28	7	3.28	22.86	9.84	11089.8	0.1141	704.55	482.03	1165.57	545

Fuente: Cablec (10-09-2014)

Completados los datos como en la figura 27, se selecciona calcular, los parámetros de la línea se llenaran quedando por completar solamente la longitud del tramo, de esta forma se tendrán datos más reales con las características propias de la red.

Ingreso de conductores subterráneos

Para el ingreso de datos correspondientes a impedancias de conductores subterráneos unipolares en disposición trifásica con neutro aparte, se cuenta con un catálogo del fabricante Kerite, el mismo ha sido escogido por cumplir con la frecuencia de operación.

TABLA 17. DATOS DE IMPEDANCIA DE CABLES DE DISTRIBUCIÓN SUBTERRÁNEA (Cu)

Cond. Size (AWG/kcmil)	Positive/Negative	Zero Sequence	Positive/Negative	Zero Sequence
	5kV		15kV	
6	0.519 + j0.115	0.803 + j0.501	-	-
4	0.329 + j0.110	0.619 + j0.479	-	-
2	0.209 + j0.104	0.506 + j0.453	0.210 + j0.104	0.518 + j0.399
1	0.167 + j0.100	0.466 + j0.437	0.168 + j0.100	0.477 + j0.384
1/0	0.134 + j0.096	0.436 + j0.421	0.134 + j0.097	0.444 + j0.370
2/0	0.108 + j0.095	0.414 + j0.404	0.108 + j0.095	0.418 + j0.355
4/0	0.070 + j0.090	0.380 + j0.337	0.071 + j0.089	0.379 + j0.323
250	0.061 + j0.067	0.371 + j0.349	0.061 + j0.067	0.367 + j0.302
350	0.046 + j0.063	0.354 + j0.319	0.046 + j0.063	0.347 + j0.277
500	0.034 + j0.079	0.338 + j0.281	0.034 + j0.079	0.329 + j0.248
750	0.026 + j0.074	0.319 + j0.240	0.026 + j0.074	0.308 + j0.213
1000	0.022 + j0.071	0.305 + j0.213	0.022 + j0.071	0.291 + j0.187
1250	0.019 + j0.070	0.290 + j0.189	0.019 + j0.070	0.279 + j0.171
1500	0.018 + j0.066	0.281 + j0.171	0.018 + j0.066	0.269 + j0.155
1750	0.017 + j0.064	0.272 + j0.159	0.017 + j0.064	0.260 + j0.144
2000	0.016 + j0.063	0.284 + j0.148	0.016 + j0.062	0.253 + j0.135

Fuente: Kerite (10-09-2014)

Ingreso de transformadores

Para el ingreso de los parámetros de los transformadores de distribución del alimentador se utilizaron las normas técnicas ecuatorianas NTE INEN 2115:2004 y

NTE INEN 2114:2004, donde establece los valores máximos permisibles de corriente sin carga, pérdidas y voltaje de cortocircuito en transformadores de distribución trifásicos y monofásicos respectivamente, clase medio voltaje ≤ 25 kV clase bajo voltaje $\leq 1,2$ kV referidos a 85°C , auto-refrigerados y sumergidos en líquido refrigerante, sin contenido de PCB.

TABLA 18. TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS 15 A 2000 KVA CLASE MEDIO VOLTAJE ≤ 25 KV, CLASE BAJO VOLTAJE $\leq 1,2$ REFERIDOS A 85°C

POTENCIA NOMINAL (kVA)	I_o (% de I_n)	P_o (W)	P_c (W)	P_t (W)	U_{zn} (%)
15	4,4	80	313	393	3,0
30	3,6	134	514	648	3,0
45	3,6	182	711	893	3,0
50	3,4	197	776	973	3,0
60	3,2	225	903	1 128	3,5
75	2,6	266	1 094	1 360	3,5
100	2,6	330	1 393	1 723	3,5
112,5	2,6	361	1 539	1 900	3,5
125	2,6	390	1 682	2 072	3,5
150	2,4	447	1 959	2 406	4,0
160	2,5	486	2 211	2 697	4,0
200	2,1	569	2 630	3 199	4,0
225	2,1	618	2 892	3 510	4,0
250	2,1	666	3 153	3 819	4,0
300	2,0	758	3 677	4 435	4,5
350	2,0	846	4 200	5 046	4,5
400	1,9	930	4 730	5 660	4,5
500	1,7	1 090	5 770	6 860	5,0
630	1,6	1 284	7 170	8 454	5,0
750	1,6	1 453	8 386	9 839	5,0
800	1,6	1 521	8 909	10 430	5,0
1 000	1,6	1 782	11 138	12 920	5,0
1 250	1,5	2 088	13 454	15 542	6,0
1 500	1,5	2 395	15 770	18 165	6,0
1 600	1,5	2 518	16 696	19 214	6,0
2 000	1,5	3 009	20 402	23 411	6,0

Fuente: Transformadores de distribución nuevos trifásicos; valores de corriente sin carga, pérdidas y voltaje de cortocircuito (12-09-2014)

TABLA 19. TRANSFORMADORES MONOFÁSICOS DE 3 A 330 KVA CLASE MEDIO VOLTAJE ≤ 25 KV (fase-fase), CLASE BAJO VOLTAJE $\leq 1,2$ KV (fase-fase) REFERIDOS A 85° C

Potencia Nominal kVA	I_o (% de I_n)	P_o (W)	P_c (W)	P_t (W)	U_{zn} (%)
3	2,5	21	70	91	3,0
5	2,5	31	91	122	3,0
10	2,5	52	142	194	3,0
15	2,4	68	192	260	3,0
25	2,0	98	289	387	3,0
37,5	2,0	130	403	533	3,0
50	1,9	160	512	672	3,0
75	1,7	214	713	927	3,0
100	1,6	263	897	1 160	3,0
167*	1,5	379	1 360	1 739	3,0

Fuente: Transformadores de distribución nuevos monofásicos; valores de corriente sin carga, pérdidas y voltaje de cortocircuito (12-09-2014)

Dónde:

I_o (%): valores máximos permisibles de corriente sin carga, en porcentaje.

P_o : pérdidas sin carga, (en vacío, en el núcleo o hierro), en watos.

P_c : pérdidas con carga a 85° C, (en el cobre o por efecto Joule), en watos.

P_t : pérdidas totales, en watos.

U_{zn} (%): voltaje de cortocircuito a 85° C, en porcentaje.

Con los datos de las tablas 18 y 19, se podrá completar todos los parámetros necesarios de los transformadores trifásicos y monofásicos del estudio, a continuación

se muestra un ejemplo, aplicado al transformador trifásico de 500 kVA existente del Hospital General de Latacunga.

FIGURA 28. PARÁMETROS A LLENAR DE UN TRANSFORMADOR TRIFÁSICO

The screenshot shows the 'Parámetros' dialog box with the following fields and values:

- Nombre: T500-hosp
- Tipo: 13.8/0.22 KV 500 KVA
- Vn1 .. kV: 13.8
- Vn2 .. kV: 0.22
- Sr.. MVA: 0.5
- Vr1 .. kV: 13.8
- Vr2 .. kV: 0.22
- R(1) .. %: 1.16 kW: 5.8
- R(0) .. %: 1.16 kW: 5.8
- Zcc(1) .. %: 5
- Zcc(0) .. %: 5
- X(1)/R(1): 4.19
- X(0)/R(0): 4.19
- I0 .. %: 1.7
- V01(0) .. %: 0
- P fe .. kW: 1.09
- V02(0) .. %: 0

Options:

- Camb. Tap bajo carga
- Suicheable
- Autotransformador

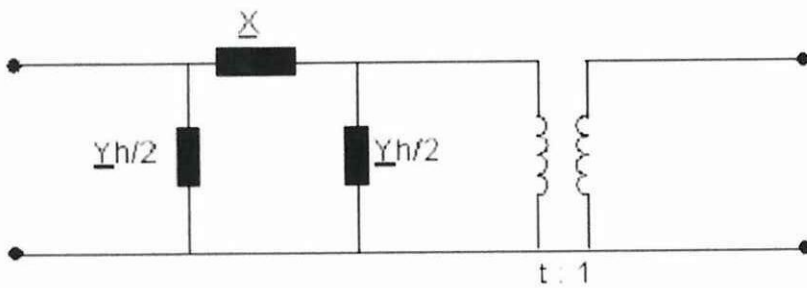
Grupo vectorial: Dyn5

Fuente: Software NEPLAN (14-09-2014)

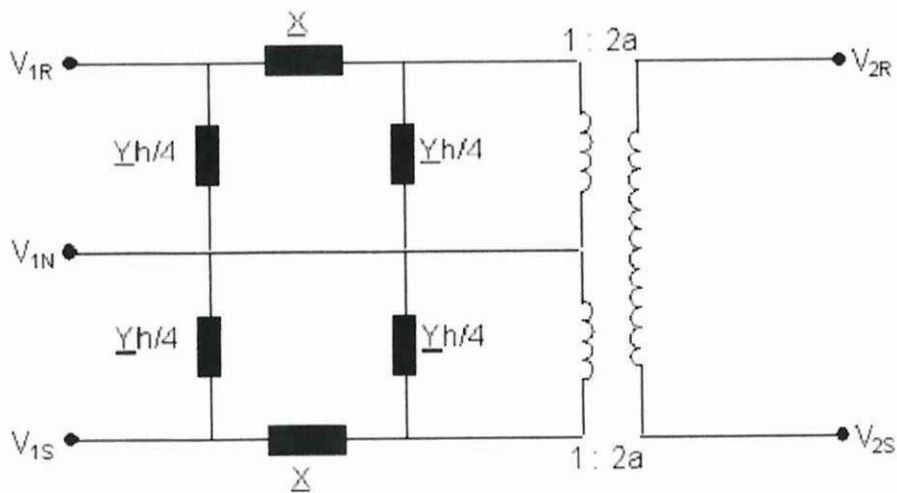
Es de especial cuidado el ingreso de los parámetros de transformadores asimétricos, el primer aspecto en tomar en cuenta será el modelo que presente el transformador, en el tutorial del programa NEPLAN de esta versión, se encuentra un modelo típico ocupado en las redes de distribución del país, el modelo E/E.

FIGURA 29. MODELO DE TRANSFORMADORES ASIMÉTRICOS DE NEPLAN

a) Modelo E/E



b) Modelo 2E/E



Fuente: BCP Busarello + Cott + Partner Inc. (14-09-2014)

Como los transformadores asimétricos usados en las redes de distribución de ELEPCO son monofásicos, el voltaje a llenar será el voltaje fase neutro, y la fase a la cual se está conectando, los demás parámetros son similares a los transformadores simétricos o trifásicos.

FIGURA 30. PARÁMETROS A LLENAR DE UN TRANSFORMADOR ASIMÉTRICO

Parámetros

Nombre: T15monoA-sindicat1

Tipo: T1Φ-15KVA Suicheable

Modelo:

 Mono/Bifásico Y abierta - Delta Abierta

 Delta Abierta - Delta Abierta

Polaridad negativa

Vn1 .. kV: 13,8 Vn2 .. kV: 0,22 Fase dev. 1: L1N

Vr1 .. kV: 7,967 Vr2 .. kV: 0,127 Fase dev. 2: L1N

R(1) .. %: 0,427 I0 .. %: 2,4 Sr .. kVA: 15

Zcc(1) .. %: 3 P fe .. kW: 0,068 Grupo: E/E

Regulación:

Tap mín.: 0 Tap nom.: 0 Tap máx.: 0

Tap oper.: 0 Delta V .. %: 0

Lado del tap:

 Devanado 1 Devanado 2

Nodo controlado:

 Auto regulado Nodo Dev. 1

 V obj .. %: 0 Nodo Dev. 2

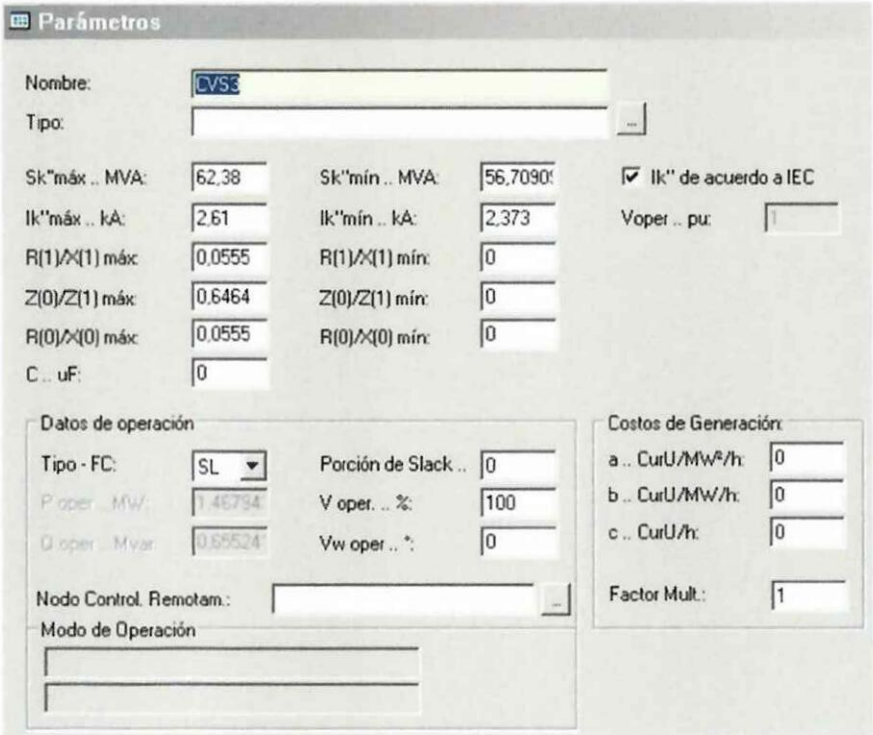
Fuente: Software NEPLAN (14-09-2014)

Ingreso de equivalente de red

Para obtener los valores del equivalente de red del Alimentador 3 de la Subestación El Calvario, se acudió al área técnica de la empresa distribuidora ELEPCO para solicitar estos valores, los valores necesarios a ingresar son: potencia de cortocircuito simétrica inicial máxima y mínima en MVA (Sk'' max, min), relaciones mínima y máxima de la resistencia de secuencia positiva a la reactancia de secuencia positiva de la red equivalente ($R(1)/X(1)$ máx., mín.), relaciones mínima y máxima de la impedancia de secuencia cero a la impedancia de secuencia positiva ($Z(0)/Z(1)$ max, min), finalmente se selecciona el tipo de equivalente de red, en este caso SL (slack).

En el Anexo 2.20 se aprecia una imagen de pantalla del equivalente de red del alimentador CVS3 del programa CYMDIST cedido al investigador por parte de ELEPCO S.A.

FIGURA 31. PARÁMETROS A LLENAR DEL EQUIVALENTE DE RED



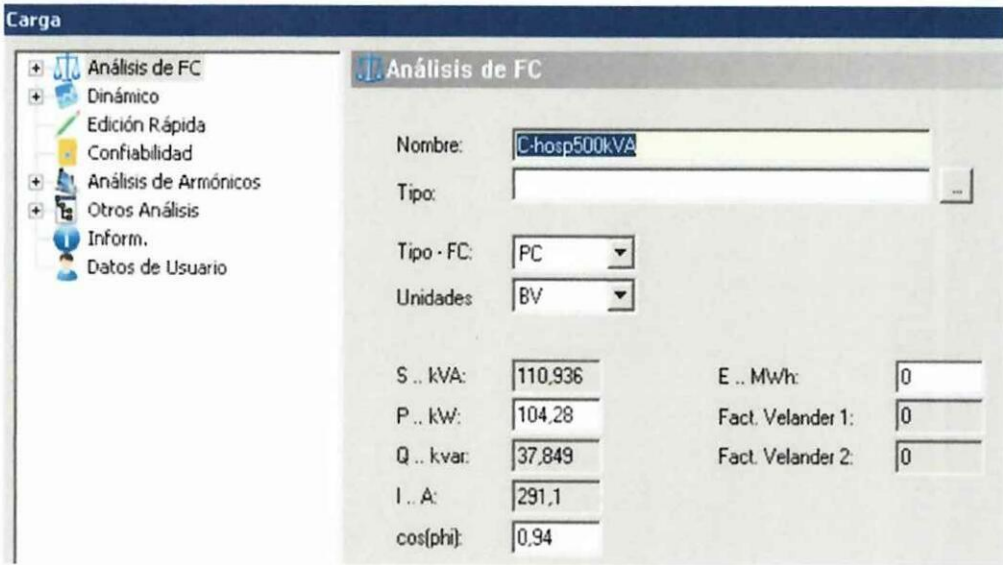
Fuente: Software NEPLAN (14-09-2014)

Ingreso de cargas

En la ventana de símbolos, en la sección terminales escogemos la figura que representa la carga eléctrica, se asignara una carga para cada transformador tanto monofásico como trifásico, en el espacio de Tipo-FC se selecciona las siglas según el

dato que se conozca, en este caso se escogerá PQ, la letra P por la potencia activa, Q por la potencia reactiva, los dos datos ingresados se encuentran en la Tabla 5, a excepción de los datos PQ del Hospital de Latacunga que fueron obtenidos en el literal Curvas de carga del Hospital General de Latacunga.

FIGURA 32. PARÁMETROS DE CARGA



Fuente: Software NEPLAN (17-09-2014)

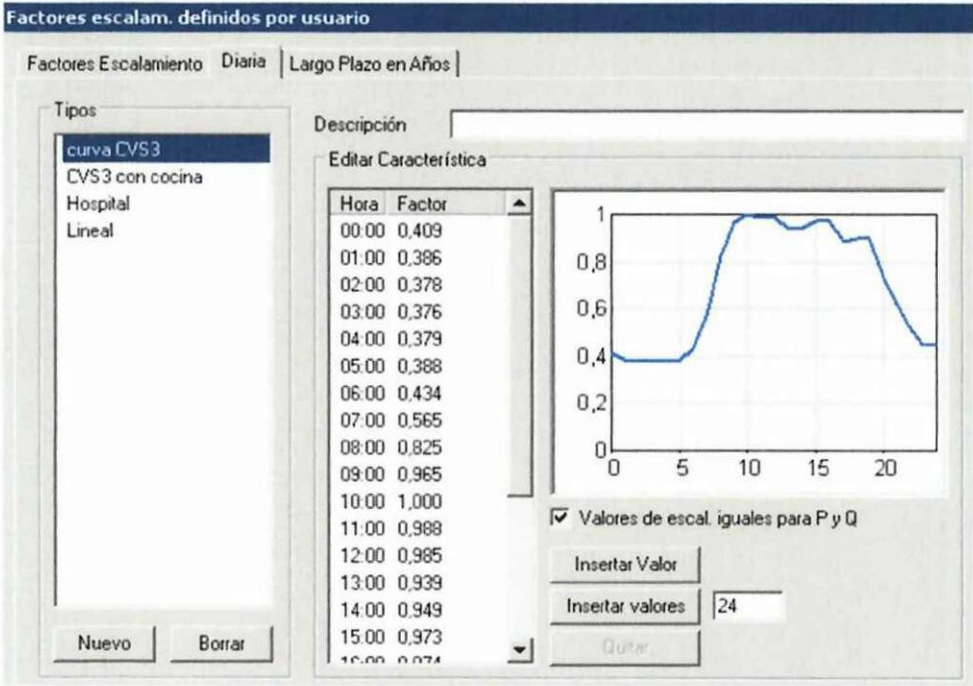
Adicional para el caso de cargas monofásicas se debe escoger la fase conectada en la pestaña información.

Ingreso de factores de escalamiento

Los factores de escalamiento dependientes del tiempo se usan sólo para los cálculos con el módulo flujo de carga con perfiles de carga, los valores de escalamiento diarios

a ser ingresados son las curvas de carga encontradas en el alimentador y en el hospital, tomando como base al máximo valor ya que los datos deben ser ingresados en por unidad, los valores de escalamiento anuales son la curva tendencial con y sin la inclusión de cocinas de inducción, para el hospital el incremento anual planteado se detalla en el literal Factores de escalamiento del repotenciado Hospital General de Latacunga.

FIGURA 33. FACTORES DE ESCALAMIENTO DIARIO CON LA CURVA DE CARGA ACTUAL DEL ALIMENTADOR CVS3

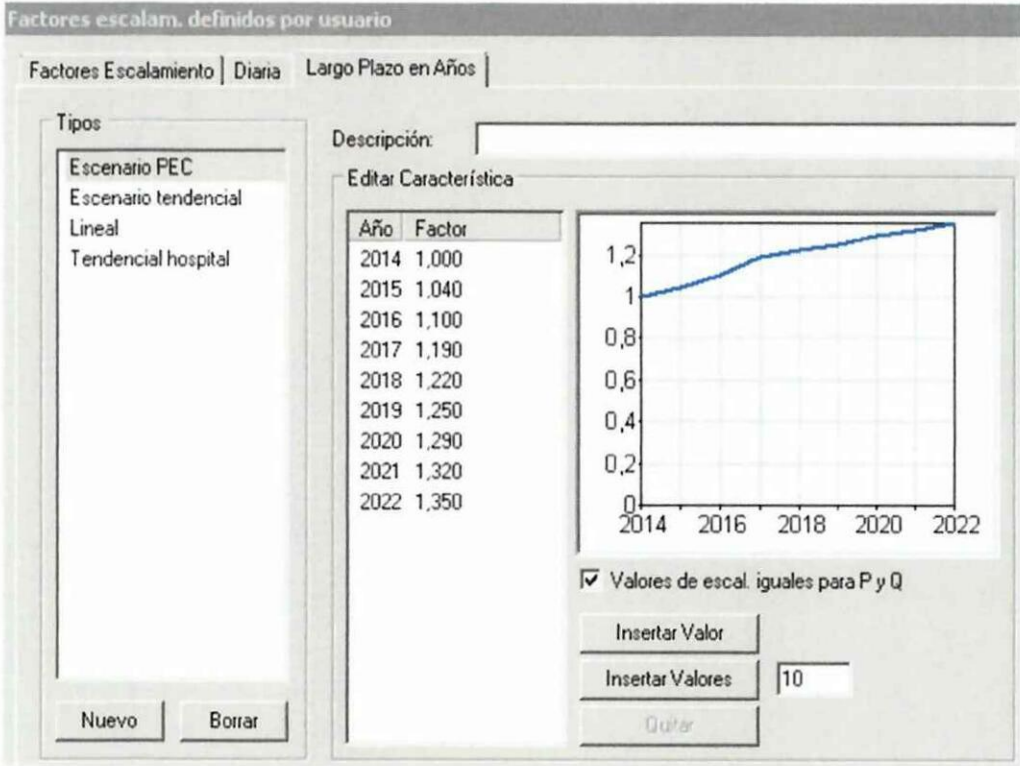


Fuente: Software NEPLAN (19-09-2014)

Los siguientes datos ingresados en el ejemplo corresponden al incremento anual de demanda con el ingreso de las cocinas de inducción al alimentador más la proyección

tendencial, como base se tiene al año en el que empieza el estudio y sobre el cual van los correspondientes incrementos.

FIGURA 34. FACTORES DE ESCALAMIENTO ANUAL PARA EL ALIMENTADOR CVS3 CONSIDERANDO COCINAS DE INDUCCIÓN

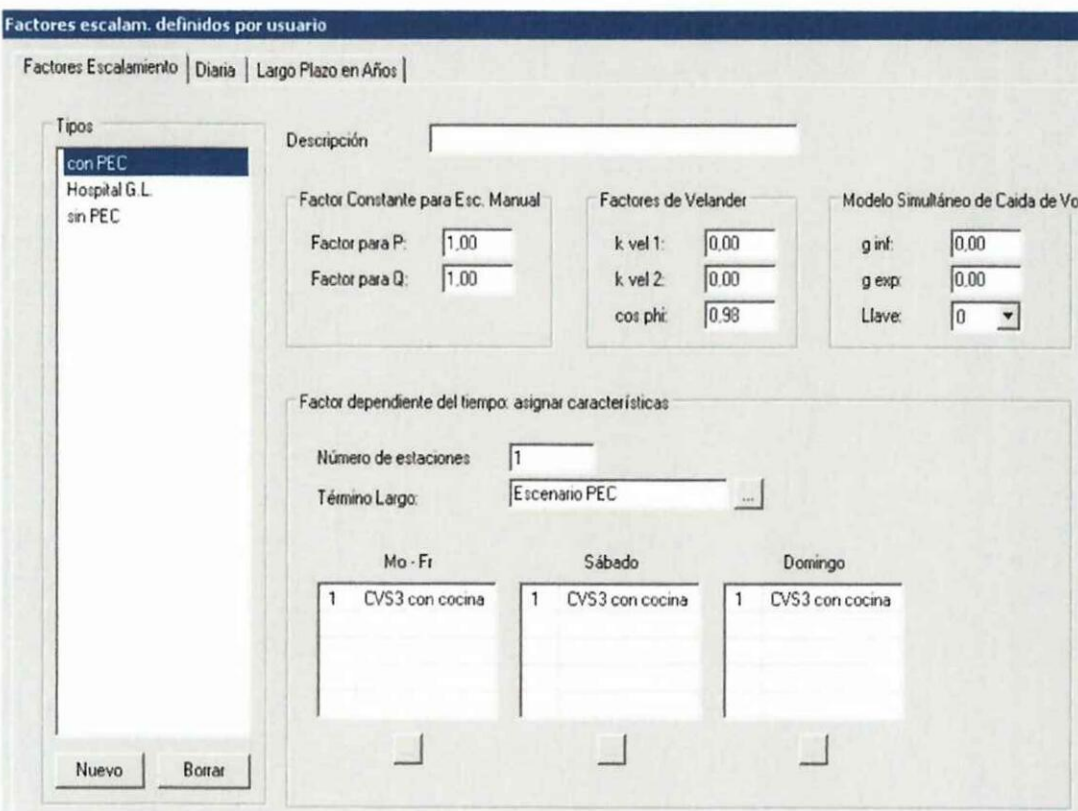


Fuente: Software NEPLAN (19-09-2014)

Para crear un perfil de factores de escalamiento definido por el usuario, se agrupan las curvas diarias y anual a utilizar, en termino largo se seleccionara una curva anual que corresponde a la pestaña de largo plazo en años, para los términos diarios se

seleccionara una curva diaria ingresada, en el caso que se tengan las curvas para el fin de semana se ingresaran en estos parámetros en Sábado y Domingo.

FIGURA 35. FACTORES DE ESCALAMIENTO DEFINIDOS POR EL USUARIO



Fuente: Software NEPLAN (19-09-2014)

Para que el flujo de carga con perfiles de carga se pueda ejecutar, se deben asignar los factores de escalamiento a cada carga, se abre los parámetros de carga, en la pestaña Análisis de FC se escoge Factores de escalamiento, en el campo de Asignar factores de escalamiento definidos por el usuario se insertaran los factores necesarios que

representen el comportamiento de la carga, para calcular con el modulo flujo de carga con perfiles carga se configuran los parámetros, en simulación en el tiempo se considerara un incremento anual, se definirá una sola estación estacional como fecha inicial el primero de enero, se configurara un archivo de texto de salida con los datos resultantes del flujo de carga para su posterior interpretación.

2.3. Calculo de la población y muestra

Como el suministro de energía que llega al Hospital General de Latacunga se da por medio del alimentador CVS3 de la subestación El Calvario, la población en estudio corresponde a los componentes del sistema eléctrico primario del alimentador, estos son: la subestación, 27 transformadores trifásicos, 3 transformadores monofásicos, cargas trifásicas y monofásicas asociadas a cada transformador, 1,08 Km de red aérea trifásica; 3,84 Km de red subterránea trifásica y 1,03 km de red subterránea monofásica, además se considerarán los elementos próximos a entrar en funcionamiento, como los nuevos transformadores y carga del Hospital General de Latacunga y Programa Nacional de cocción eficiente.

Para mayor exactitud y disminución del rango de error, la población será considerada como muestra en el caso de los elementos existentes y de los nuevos transformadores y carga del Hospital General de Latacunga.

En el caso de las cocinas a inducción se tomará como población y muestra a los 510 usuarios residenciales del Alimentador 3 de la subestación el Calvario, el resto de la clasificación de usuarios no es tomada en cuenta ya que el programa de eficiencia energética para cocción por inducción y calentamiento de agua con electricidad no va dirigido a otro sector que no sea el residencial.

2.4. Hipótesis

El ingreso de cargas proyectadas al sistema eléctrico del Alimentador 3 de la Subestación El Calvario, influye en la calidad de producto de la barra de entrada a 13,8 kV del repotenciado Hospital General de Latacunga.

2.5. Variables de investigación

Variable Independiente: Entrada de cargas proyectadas.

Variable dependiente: Calidad de producto de la barra de medio voltaje de ingreso a la instalación del repotenciado Hospital General de Latacunga.

Unidad de observación: Sistema eléctrico del Alimentador 3 de la Subestación El Calvario.

Términos de relación: la, al, influye en la.

2.6. Indicadores

Variable Independiente: Potencia proyectada en kVA del renovado Hospital General de Latacunga, potencia en kVA de los transformadores o cámaras de transformación proyectados, kW de consumo de las cocinas a inducción.

Variable dependiente: Calidad de producto (nivel de voltaje, factor de potencia)

2.7. Operacionalización de las variables

2.7.1 Operacionalización de la variable independiente

VARIABLE INDEPENDIENTE: Entrada de cargas proyectadas				
CONCEPTUALIZACIÓN	CATEGORÍAS	INDICADORES	ITEMS BÁSICOS	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN
Se entiende por carga al usuario residencial, comercial, industrial o equipo conectado a la red del sistema eléctrico y que representa un consumo energético.	Crecimiento tendencial y cocinas de inducción	KVA, KW, A proyectados	Conocer las cargas que están próximas a entrar en funcionamiento al sistema eléctrico del alimentador 3 de la subestación El Calvario, mediante técnicas de recolección de documentos de fuentes confiables.	Técnica de investigación de campo: Observación, entrevista Instrumento: Registro de observación, cuaderno de notas, mapas, entrevista estructurada Técnica de investigación bibliográfica: Análisis de documentos. Técnica de recolección de documentos: Excel, Word, impresiones con datos de fuentes confiables.
	Cargas proyectadas y demanda en diseño de la construcción y repotenciación del Hospital General de Latacunga	KVA, KW, A proyectados	Estudio de demanda en hospitales, factor de demanda y factor de uso en transformadores de establecimientos de salud.	
	Potencia entregada por parte del alimentador 3 de la S/E El Calvario	Mediciones Max, Med, Min: KW Fp : adimensional	Recolectar valores máximos, medios y mínimos de potencia que entrega el alimentador 3 de la subestación El Calvario, mediante técnicas de recolección de documentos, para comprobar la cargabilidad de los transformadores.	

Fuente: Investigación de campo (2014)

2.7.2 Operacionalización de la variable dependiente

VARIABLE DEPENDIENTE: Calidad de producto de la barra de medio voltaje de ingreso a la instalación del repotenciado Hospital General de Latacunga.				
CONCEPTUALIZACIÓN	CATEGORÍAS	INDICADORES	ITEMS BÁSICOS	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN
La Calidad de Producto suministrado al Cliente se evalúa por las transgresiones de las tolerancias en los niveles de voltaje, perturbaciones, y factor de potencia en los puntos de entrega.	Nivel de voltaje	Voltaje en el extremo receptor (V)	Recopilar valores de voltaje en la barra del repotenciado Hospital General de Latacunga, en demanda máxima, mediante técnicas de recolección de documentos generados por el programa NEPLAN, para compararlos con los valores admitidos por el organismo regulador CONELEC.	Técnica de investigación de campo: Observación, experimento Instrumento: Ficha de observación Técnicas de recolección de documentos: Excel, Word, impresiones con datos de la simulación.
	Factor de potencia	Factor de potencia en la instalación	Obtener valores de factor de potencia en la barra del repotenciado Hospital General de Latacunga, en demanda máxima, mediante analizadores de carga, para compararlos con los valores admitidos por el organismo regulador CONELEC.	

Fuente: Investigación de campo (2014)

2.8. Análisis del abastecimiento energético al Hospital Provincial General de Latacunga

2.8.1. Situación actual del abastecimiento energético

El alimentador 3 de la Subestación El Calvario por medio de uno de sus ramales actualmente abastece en un final de circuito a la demanda del Hospital Provincial General de Latacunga, este alimentador primario tiene una longitud de 3.11 Km de red de medio voltaje, que se encuentra dividido en 1.08 Km de red aérea trifásica, 3.84 Km de red subterránea trifásica y 1.03 km de red subterránea monofásica, el sector dotado de servicio eléctrico es la parte sur del centro de la ciudad de Latacunga, desde la calle Guayaquil con el transformador de la Plaza Sucre al norte hasta la calle Marquez de Maenza al sur , y desde la avenida Oriente al este hasta la calle Antonio Vela al oeste.

Las cargas del alimentador principalmente son residenciales, comerciales e instituciones públicas, entre las instituciones públicas tenemos a la Gobernación, la Corporación Nacional de Telecomunicaciones, la Corte de Justicia, el Centro de Atención Ciudadana, las oficinas de ELEPCO S.A., el centro de atención ciudadana (CAC), el Servicio de Rentas Internas SRI, encontramos instituciones financieras como el banco del Pichincha, CACPECO, banco de Guayaquil, Unibanco, instituciones educativas, instituciones de culto religioso como la curia, iglesia de San Agustín.

El alimentador consta de cinco barras de conexión subterránea principales a nivel de primario con sus respectivos seccionamientos de red, con los cuales se puede cambiar la topología de la red asignando cargas al alimentador 3 de la Subestación La Cocha, al lado al que se estudia, se cuenta con 27 transformadores trifásicos, 3

transformadores monofásicos, cargas trifásicas y monofásicas asociadas a cada transformador, con un total de 752 usuarios, repartidos entre residenciales (R), industrial artesanal (IA), entidades oficiales (EO), de beneficio público (BP), de asistencia social (AS), de culto religioso (CR) y comerciales, lo cual se detalla en el **Anexo 2.12**.

En la actualidad se está construyendo una interconexión subterránea entre el Alimentador SRS3 de la subestación San Rafael y el alimentador en estudio CVS3 para en el caso necesario transferir carga.

Para la comprobación de la hipótesis se trabajara con los factores de escalamiento anuales hasta el año 2022 con la inclusión de cargas proyectadas que se obtuvieron en el literal 2.2.2. Análisis de los parámetros de campo, mediante el experimento se manipulara la variable independiente: entrada de cargas proyectadas, para apreciar su influencia sobre la variable dependiente: Calidad de producto de la barra de medio voltaje de ingreso a la instalación del repotenciado Hospital General de Latacunga.

Flujo de potencia por el método de inyección de corriente con el programa NEPLAN, aplicado a la red actual.

Para conocer la calidad de producto actual que recibe el Hospital General de Latacunga se corrió un flujo de carga por el método de inyección de corriente al diagrama unifilar ingresado al programa de simulación eléctrica NEPLAN, en los resultados de los nodos de bajo medio y bajo voltaje tenemos:

Como se puede apreciar en la Tabla 20 los valores de voltaje tanto en valor como en porcentaje se encuentran dentro del 8 % de variación permitido por el organismo regulador en su Regulación No. CONELEC – 004/01

TABLA 20. VALORES EN NODOS DE MEDIO Y BAJO VOLTAJE DEL ACTUAL HOSPITAL GENERAL DE LATACUNGA

ID	NODO NOMBRE	FASE	U Kv	U %	Angulo	P (MW)	Q (MVar)	P Gen (MW)	Q Gen (MVar)
1391	BARRA MV CVS3	L1	7,965	99,97	-0,1	0	0	0,586	0,144
		L2	7,967	100	240	0	0	0,553	0,136
		L3	7,97	100,04	120	0	0	0,553	0,136
395	MV-hospital	L1	7,939	99,65	-0,2	0	0	0	0
		L2	7,946	99,73	239,9	0	0	0	0
		L3	7,947	99,75	119,9	0	0	0	0
432	BV-hosp	L1	0,126	99,05	209,4	0,031	0,011	0	0
		L2	0,126	99,15	89,5	0,031	0,011	0	0
		L3	0,126	99,16	-30,6	0,031	0,011	0	0
403	BV-hospitalRX	L1	0,125	98,41	209,3	0,016	0,007	0	0
		L2	0,125	98,51	89,3	0,016	0,007	0	0
		L3	0,125	98,52	-30,8	0,016	0,007	0	0

Fuente: Software NEPLAN (14-11-2014)

TABLA 21. VALORES EN ELEMENTOS DEL SISTEMA ELÉCTRICO DEL ACTUAL HOSPITAL GENERAL DE LATACUNGA

ID	NODO NOMBRE	ELEMENTO NOMBRE	TIPO	FASE	P (MW)	Q (MVar)	I (A)	ANGULO CORRIENTE	CARGABILIDAD %
450	BV-hospitalRX	C-hospRX	Carga	L1	0,016	0,007	138,1	186,2	
				L2	0,016	0,007	138	66,2	
				L3	0,016	0,007	137,9	-53,8	
456	BV-hosp	C-hosp500kVA	Carga	L1	0,031	0,011	259,5	189,5	
				L2	0,031	0,011	259,2	69,5	
				L3	0,031	0,011	259,1	-50,5	
398	MV-hospital	L398	Línea	L1	-0,047	-0,022	6,6	154,7	3,37
				L2	-0,047	-0,022	6,6	34,7	3,37
				L3	-0,047	-0,022	6,6	-85,3	3,37
416	MV-hospital	T112,5-hosp	Transformador 2 Dev.	L1	0,016	0,008	2,3	-26,5	53,95
				L2	0,016	0,008	2,3	213,5	53,95
				L3	0,016	0,008	2,3	93,5	53,95
429	MV-hospital	T500-hosp	Transformador 2 Dev.	L1	0,031	0,014	4,3	-24,7	20,53
				L2	0,031	0,014	4,3	215,3	20,53
				L3	0,031	0,014	4,3	95,3	20,53

Fuente: Software NEPLAN (14-11-2014)

Para las líneas que llevan la energía hacia el establecimiento de salud la cargabilidad es pequeña comparada con la capacidad de conducción de los tres cables de 15 kV XLPE número 2, para cada conductor de esta numeración el fabricante CABLEC señala una conducción máxima de 195 amperios muy por encima de los 6,6 amperios como resultado arrojado del flujo de carga, o para la corriente calculada de 25,6 amperios por fase correspondiente a la capacidad de transformación instalada.

En cuanto a la utilización de los transformadores se aprecia de la misma manera se tiene un porcentaje bajo, estos valores fueron ingresados de acuerdo al análisis hecho a los datos registrados en los analizadores de energía instalados en los transformadores del Hospital General de Latacunga, en el literal 2.2.2. Análisis de los parámetros de campo.

En cuanto al resto del sistema no se aprecia valores de voltaje en barras por debajo de la tolerancia permitida por el CONELEC, en líneas la cargabilidad máxima llega al 31,58% y en transformadores al 66,14%, los resultados se traducen a datos de cargabilidad normales, más información del flujo de potencias por inyección de corriente del alimentador CVS3 se aprecia en el Anexo 2.21.

***2.8.2. Análisis del abastecimiento energético al Hospital Provincial
General de Latacunga con el ingreso de cargas proyectadas***

Para proyectar la demanda del repotenciado Hospital General de Latacunga se consideraran los datos obtenidos en el tema tratado : Factores de escalamiento del repotenciado Hospital General de Latacunga, del literal 2.2.2 Análisis de los parámetros de campo, donde en la Figura 25 relación número de camas y la demanda de un establecimiento de salud, para un hospital de 200 camas le corresponde una demanda de 320 kVA, este valor para los dos transformadores principales de 750 kVA dan una utilización inicial de los transformadores de 21% este valor de

utilización será adoptado también para el transformador dedicado a imagenología al no conocerse los equipos que irán asignados a esta área.

La simulación concluirá en el año 2022 cuando se alcance un factor de demanda del 0,3 el mismo que es común en establecimientos de salud, que para el caso en estudio será un incremento de la demanda en el orden del 120,57%.

Luego de ejecutar el correspondiente flujo de potencia con perfiles de carga hasta el año 2022 con el ingreso de cargas proyectadas al alimentador CVS3, se puede apreciar que los valores de calidad de producto para el abastecimiento del repotenciado Hospital General de Latacunga disminuyen a medida que aumentan las cargas en el sistema, en los resultados arrojados de la simulación no se observan transgresiones a los límites permitidos según regulación No. CONELEC – 004/01.

TABLA 22. VALORES DE MEDIO VOLTAJE PROYECTADOS POR EL PROGRAMA NEPLAN, EN BARRAS DEL REPOTENCIADO HOSPITAL GENERAL DE LATACUNGA

Nodo	0	MV-hospital		
Año	Mes	Día	t [hh:mm]	U [kV]
2014	Jul.	14	12:00	13,741298
2015	Jul.	14	12:00	13,737086
2016	Jul.	14	12:00	13,732054
2017	Jul.	14	12:00	13,725783
2018	Jul.	14	12:00	13,721933
2019	Jul.	14	12:00	13,718072
2020	Jul.	14	12:00	13,71379
2021	Jul.	14	12:00	13,709907
2022	Jul.	14	12:00	13,706012

Fuente: Software NEPLAN (15-11-2014)

Para medio voltaje según el organismo regulador CONELEC, la variación admitida con respecto al valor de voltaje nominal es de más-menos 8% en barras, como se

puede apreciar en la Tabla 22 para ningún año los valores disminuyen bajo este rango, o bajo 12,7 kV.

TABLA 23. VALORES DE CARGABILIDAD DEL PRIMER TRANSFORMADOR DE 750kVA (BLOQUE A Y CLIMATIZACIÓN)

Elemento	4	T750-hosp2	t	I [kA]	P [MW]	Q [MVar]	Cargabilidad [%]
Año	Mes	Día	[hh:mm]				
2014	Jul.	14	12:00	0,006255	0,044056	0,022832	19,861421
2015	Jul.	14	12:00	0,007163	0,050641	0,025752	22,740249
2016	Jul.	14	12:00	0,008075	0,05723	0,028691	25,625519
2017	Jul.	14	12:00	0,00899	0,063824	0,031646	28,516854
2018	Jul.	14	12:00	0,009906	0,070423	0,034627	31,414307
2019	Jul.	14	12:00	0,010824	0,077027	0,03763	34,317565
2020	Jul.	14	12:00	0,011745	0,083636	0,040652	37,226537
2021	Jul.	14	12:00	0,012668	0,09025	0,043696	40,141233
2022	Jul.	14	12:00	0,013593	0,096869	0,046761	43,061619

Fuente: Software NEPLAN (15-11-2014)

TABLA 24. VALORES DE CARGABILIDAD DEL SEGUNDO TRANSFORMADOR DE 750kVA (BLOQUES B, C)

Elemento	4	T750-hosp3	t	I [kA]	P [MW]	Q [MVar]	Cargabilidad [%]
Año	Mes	Día	[hh:mm]				
2014	Jul.	14	12:00	0,006255	0,044056	0,022832	19,861421
2015	Jul.	14	12:00	0,007163	0,050641	0,025752	22,740249
2016	Jul.	14	12:00	0,008075	0,05723	0,028691	25,625519
2017	Jul.	14	12:00	0,00899	0,063824	0,031646	28,516854
2018	Jul.	14	12:00	0,009906	0,070423	0,034627	31,414307
2019	Jul.	14	12:00	0,010824	0,077027	0,03763	34,317565
2020	Jul.	14	12:00	0,011745	0,083636	0,040652	37,226537
2021	Jul.	14	12:00	0,012668	0,09025	0,043696	40,141233
2022	Jul.	14	12:00	0,013593	0,096869	0,046761	43,061619

Fuente: Software NEPLAN (15-11-2014)

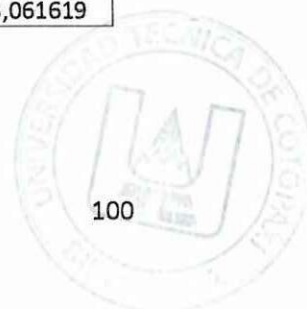


TABLA 25. VALORES DE CARGABILIDAD DEL TRANSFORMADOR DE 300kVA DEDICADO A IMAGENOLÓGÍA

Elemento	4	T300-hospRX					
Año	Mes	Día	t [hh:mm]	I [kA]	P [MW]	Q [MVar]	Cargabilidad [%]
2014	Jul.	14	12:00	0,002493	0,017412	0,009384	19,793125
2015	Jul.	14	12:00	0,00285	0,020006	0,010527	22,621535
2016	Jul.	14	12:00	0,003209	0,022601	0,011675	25,456686
2017	Jul.	14	12:00	0,003568	0,025199	0,012829	28,297971
2018	Jul.	14	12:00	0,003928	0,027798	0,013992	31,145408
2019	Jul.	14	12:00	0,004289	0,0304	0,015162	33,998512
2020	Jul.	14	12:00	0,004651	0,033004	0,016339	36,857107
2021	Jul.	14	12:00	0,005014	0,03561	0,017524	39,721175
2022	Jul.	14	12:00	0,005378	0,038218	0,018716	42,590625

Fuente: Software NEPLAN (15-11-2014)

En las tablas 23, 24 y 25 se aprecia el aumento en la cargabilidad de los transformadores del repotenciado Hospital General de Latacunga, a medida que se aumentan las cargas anualmente en el establecimiento de salud.

TABLA 26. VALORES DE CARGABILIDAD EN EL CONDUCTOR QUE SUMINISTRA ENERGÍA A LA INSTALACIÓN DEL REPOTENCIADO HOSPITAL GENERAL DE LATACUNGA

Elemento	1	L176925					
Año	Mes	Día	t [hh:mm]	I [kA]	P [MW]	Q [MVar]	Cargabilidad [%]
2014	Jul.	14	12:00	0,015002	0,105559	0,055074	6,330574
2015	Jul.	14	12:00	0,017177	0,121332	0,062065	7,248054
2016	Jul.	14	12:00	0,019358	0,137119	0,069099	8,168514
2017	Jul.	14	12:00	0,021547	0,152918	0,076172	9,092176
2018	Jul.	14	12:00	0,023739	0,168731	0,08331	10,017114
2019	Jul.	14	12:00	0,025937	0,184558	0,090497	10,944388
2020	Jul.	14	12:00	0,028141	0,200398	0,097731	11,874252
2021	Jul.	14	12:00	0,03035	0,216251	0,105019	12,806166
2022	Jul.	14	12:00	0,032564	0,232119	0,112357	13,740383

Fuente: Software NEPLAN (15-11-2014)

En la Tabla 26 se aprecia el incremento anual previsto para la cargabilidad de los nuevos conductores conductor 1/0 XLPE Cu que alimentaran al establecimiento de salud.

TABLA 27. VALORES DE PROYECCIÓN DE PERDIDAS TOTALES EN LA RED DEL ALIMENTADOR CVS3

Pérdidas de red					
Año	Mes	Día	t [hh:mm]	P [MW]	Q [MW]
2014	Jul.	14	12:00	0,030886	0,1321
2015	Jul.	14	12:00	0,032892	0,136539
2016	Jul.	14	12:00	0,035802	0,142971
2017	Jul.	14	12:00	0,040182	0,152627
2018	Jul.	14	12:00	0,042239	0,157274
2019	Jul.	14	12:00	0,044395	0,162171
2020	Jul.	14	12:00	0,047116	0,168333
2021	Jul.	14	12:00	0,049482	0,173764
2022	Jul.	14	12:00	0,051947	0,17945

Fuente: Software NEPLAN (15-11-2014)

En la tabla 27 se aprecia el incremento de las pérdidas totales en el sistema del alimentador CVS3.

Para los transformadores del sistema la cargabilidad sobrepasa el ochenta por ciento 80% en el año 2019, llegando para el año final de la proyección 2022 con una cargabilidad del 89% a medio día considerado hora pico del alimentador, en cuanto a la cargabilidad de los conductores ninguno sobrepasa el 60% teniéndose los valores más en los conductores de inicio del circuito del alimentador.

Para mayor detalle del flujo de carga con perfiles de carga del alimentador CVS3 se anexa el archivo exportado. (Ver Anexo 2.22)

2.9. Verificación de la Hipótesis

Partiendo de la hipótesis planteada y luego del análisis e interpretación de los resultados del experimento, se puede determinar si es procedente o no la ejecución del proyecto, respondiendo a la pregunta planteada:

¿Influye en la calidad de producto de la barra de entrada a 13,8 kV del repotenciado Hospital General de Latacunga el ingreso de cargas proyectadas al sistema eléctrico del Alimentador 3 de la Subestación El Calvario?

En base a la información detallada en el punto 2.8.2. Análisis del abastecimiento energético al Hospital Provincial General de Latacunga con el ingreso de cargas proyectadas, en la Tabla 22 se aprecian los valores de medio voltaje proyectados por el programa NEPLAN en barras del repotenciado Hospital General de Latacunga, comenzando con un valor de 13,741 KV en medio voltaje para el año inicial de la simulación, progresivamente el voltaje baja al ingresar cargas al sistema hasta llegar al año 2022 cuando se espera que las cocinas de inducción estén completamente dentro del sistema llegando a un voltaje simulado de 13,706 KV; queda contestada la pregunta antes planteada, presentándose una respuesta favorable en base a los resultados arrojados de la simulación, siendo viable la elaboración del presente estudio.

CAPÍTULO III

REDUCCIÓN DE CONSUMO DE ENERGÍA MEDIANTE USO EFICIENTE DE TRANSFORMADORES Y MEJORA EN LA CONTINUIDAD DE SUMINISTRO ELÉCTRICO A LA INSTALACIÓN DEL REPOTENCIADO HOSPITAL GENERAL DE LATACUNGA

3.1. Presentación de la propuesta

Pese a la importancia que tiene la electricidad en el desenvolvimiento de la sociedad moderna, la misma es considerada como de segundo plano en los hospitales, debido a que su negocio principal es el bienestar de sus pacientes, sin embargo para ello se requieren aparatos médicos, los mismos que utilizan la electricidad para su funcionamiento. En consecuencia un servicio eléctrico constante es vital y cualquier mal funcionamiento o interrupción puede conducir fácilmente a consecuencias desastrosas.

Con los resultados obtenidos del flujo de carga con perfiles de carga del

alimentador CVS3 con el ingreso de cargas proyectadas utilizando el software NEPLAN, se determinó que la red del alimentador está en condiciones apropiadas para seguir brindando el servicio de transporte de energía al repotenciado Hospital General de Latacunga, sin embargo se propondrá alternativas que brinden continuidad de servicio eléctrico a toda la instalación y que a su vez minimicen gastos innecesarios por sobredimensionar la potencia en transformación instalada.

3.2. Justificación

El motivo del presente trabajo de investigación es el de analizar el abastecimiento eléctrico al repotenciado Hospital General de Latacunga antes de su entrada en funcionamiento, para proponer soluciones prácticas que permitan un suministro energético continuo y un uso eficiente de transformadores del establecimiento de salud.

De acuerdo a la regulación 004/01 emitida por el CONELEC en lo referente a la calidad del producto de distribución; los valores obtenidos en este estudio y los cambios propuestos a la red eléctrica, servirán para abastecer la demanda energética del repotenciado Hospital General de Latacunga bajo los parámetros establecidos por el organismo regulador.

Considerando que, la norma internacional NFPA 99A, (Health Care Facilities) 4.4.1.1.4, los sistemas eléctricos esenciales deberán tener un mínimo de dos fuentes independientes de energía: una fuente normal generalmente el suministro de todo el sistema eléctrico y una o más fuentes alternativas para su uso cuando se interrumpe la fuente normal.

Según la norma 2005 NFPA 99, Sección 4.4, si se trata de soporte eléctrico vital o si existen áreas de cuidados críticos entonces la instalación está clasificada como

Sistema Eléctrico Esencial (EES) Tipo 1. EES 1 tiene los requisitos más estrictos para proporcionar continuidad del servicio eléctrico, y señala que: Los Arreglos al sistema de distribución estarán diseñados para reducir al mínimo las interrupciones en los sistemas eléctricos debido a fallas internas efectuadas por el uso normal de los equipo.

La implementación de la primera propuesta planteada en el presente estudio permitirá disminuir costos por mantener energizados varios transformadores con un bajo factor de uso, lo que se evidencia se da en los transformadores de establecimientos de salud, disminuirá las pérdidas con carga al hacer más eficiente un transformador al pasar carga de un transformador subcargado a otro con similar característica.

La implementación del punto dos de la propuesta permitirá que el tablero de Rayos X se pueda conectar al grupo electrógeno de emergencia de forma manual en caso de falla eléctrica y exista la necesidad de utilizar algún equipo de imagenología, para ello se prestara atención cuando el generador tenga suficiente capacidad para abastecer esta carga, en este punto también se trata la puesta en paralelo del grupo electrógeno al ser los dos generadores de similares características.

La implementación del tercer punto de la propuesta permitirá aumentar la confiabilidad del suministro energético, al contar con más de una trayectoria para abastecer la carga del Hospital General de Latacunga con el alimentador CVS3.

De acuerdo con el reglamento de trabajo de grado de la Universidad Técnica de Cotopaxi, es un principio fundamental: Propender a la síntesis, profundización y complementación académica del estudiante, asegurando que su formación al término de su carrera sea de carácter integral.

Las propuestas de solución planteadas en el presente estudio son factibles ya que su implementación es técnica y económicamente viable al ser cambios pequeños al

diseño original del repotenciado Hospital General de Latacunga, y a la topología de la red eléctrica subterránea del alimentador CVS3, con estas consideraciones está justificado el presente estudio y los resultados obtenidos.

3.3. Objetivos de la propuesta

3.3.1. General

Optimizar la utilización de transformadores y mejorar la continuidad de suministro eléctrico en el repotenciado Hospital General de Latacunga, con el respaldo de la información recopilada y analizada en el Capítulo II, por medio de la simulación a la red con los cambios realizados, para lograr un mejor aprovechamiento de los recursos y brindar un servicio continuo sin perjudicar a la comunidad.

3.3.2. Específicos

- Analizar técnica y económicamente el dejar fuera de funcionamiento uno de los transformadores principales de 750KVA del repotenciado Hospital General de Latacunga.
- Estudiar la conexión del tablero de Rayos X al grupo electrógeno de emergencia y la puesta en paralelo de dicho grupo de generación térmica.
- Considerar los beneficios y obtener un presupuesto del cierre de una parte del circuito del Alimentador CVS3 en la barra de medio voltaje del repotenciado Hospital General de Latacunga.

3.4. Alcance

El presente estudio comprende al sistema eléctrico del Alimentador 3 de la subestación El Calvario, debido a que suministraraenergía a las instalaciones del repotenciado Hospital General de Latacunga, el árealimita al Norte la calle Guayaquil hasta la calle Marquez de Maenza al sur, y desde la avenida Oriente al este hasta la calle Antonio Vela al oeste.

3.5. Análisis de factibilidad

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

- ✓ Comprender los efectos de la entrada en funcionamiento de cargas importantes a un sistema eléctrico.
- ✓ El estudio será un punto de partida para el análisis de sistemas eléctricos hospitalarios.

3.5.1. Aspecto administrativo

El personal del área técnica del Cuerpo de Ingenieros del Ejército grupo de trabajo Latacunga tiene conocimiento de los problemas de sobredimensionamiento de transformadores en cámaras de transformación en establecimientos de salud.

El personal del área técnica del Cuerpo de Ingenieros del Ejército grupo de trabajo Latacunga y las personas que laboran en el área de mantenimiento del Hospital

General de Latacunga conocen la importancia de la continuidad de suministro energético en establecimientos de salud.

Los directivos de la Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi, están conscientes que es factible mejorar el servicio de suministro eléctrico que brinda a sus clientes especialmente a cargas críticas como en este caso el repotenciado hospital.

El CONELEC, propone la aplicación de la regulación CONELEC 004/01 respecto a la calidad del servicio que las distribuidoras deben brindar a sus clientes, normando con valores de tolerancia al servicio energético recibido y en caso de registrarse transgresiones a los límites propuestos se aplican sanciones y/o multas.

3.5.2. Aspecto técnico

Las soluciones técnicas propuestas en este capítulo, una vez implementadas mostrarán resultados inmediatos, mayor eficiencia en el uso de transformadores y mejora en la continuidad de suministro energético a la instalación del repotenciado Hospital General de Latacunga.

Una vez confirmados los resultados del abastecimiento energético al establecimiento de salud, el personal técnico del Cuerpo de Ingenieros del Ejército puede replicar la propuesta para otros hospitales construidos, en construcción o repotenciación.

3.5.3. Aspecto operacional

En caso de llegarse a implementar alguna de las alternativas propuestas en el presente estudio, se conoce que las personas que habitan en la ciudad de Latacunga y posibles usuarios del Hospital General de Latacunga se encuentran familiarizados visualmente

con las redes eléctricas aéreas, y en el caso de las redes de distribución subterránea y cámaras de transformación, los usuarios no tienen contacto visual, por lo tanto se cree no existirá un rechazo por resistencia al cambio, del mismo modo al ser la propuesta encaminada a mantener la continuidad del suministro eléctrico de una instalación hospitalaria se cree se maximizará la aceptación.

3.5.4. Fundamentación Legal

El suministro de energía eléctrica en el Ecuador es un servicio público, el mismo que está regulado para que pueda llegar a su uso final bajo condiciones de calidad de energía, en los tiempos actuales donde la mayoría de equipos incorporan componentes electrónicos que si bien han ayudado a disminuir el consumo energético también han ayudado a que los mismos se vuelvan más susceptibles a cambios bruscos en el suministro, será importante entonces tomar en consideración las características de la calidad de producto en establecimientos de salud donde un fallo en el suministro puede perjudicar a varios individuos.

A continuación se presentan los diferentes artículos de la Constitución, leyes y regulaciones donde se evidencia lo antes mencionado pudiendo conllevar a sanciones la inobservancia a las mismas:

La constitución del Ecuador en su Art. 375, inciso 6, establece 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”.

La Constitución Política del Estado, Capítulo Quinto de Sectores Estratégicos, Servicios y Empresas Públicas, artículo 314, “El Estado garantizará que los servicios públicos y su provisión respondan a los principios de obligatoriedad, generalidad,

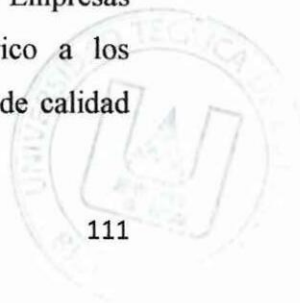
uniformidad, eficiencia, responsabilidad, universalidad, accesibilidad, regularidad, continuidad y calidad”.

La Constitución Política del Estado, en el Capítulo primero de los Principios de aplicación de los derechos, artículo 11, inciso 9, establece lo siguiente: “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”.

El Reglamento de concesiones, permisos y licencias para la prestación del servicio de energía eléctrica, en su artículo 77, literal b, indica las obligaciones de las empresas distribuidoras.- “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 condiciones de calidad y confiabilidad establecidas. Dichos índices deberán ser verificados por el 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”.

El Reglamento de suministro del servicio de electricidad, Sección III Evaluación de la Prestación del Servicio, Art. 9.- Evaluación del servicio, manifiesta.- “Los distribuidores deberán proporcionar el servicio dentro de los niveles de calidad exigidos en la regulación pertinente, para lo cual adecuará sus instalaciones, organización, estructura y procedimientos técnicos y comerciales”.

La regulación N° CONELEC - 004/01 de la calidad del Servicio Eléctrico de Distribución en su numeral 1.3 Responsabilidad y Alcance, expone.- “Las Empresas Distribuidoras tienen la responsabilidad de prestar el servicio eléctrico a los Consumidores ubicados en su zona de Concesión, dentro de los niveles de calidad



establecidos, en virtud de lo que señala la Ley de Régimen del Sector Eléctrico, los Reglamentos aplicables, el Contrato de Concesión y las Regulaciones correspondientes"

3.6. Desarrollo de la propuesta

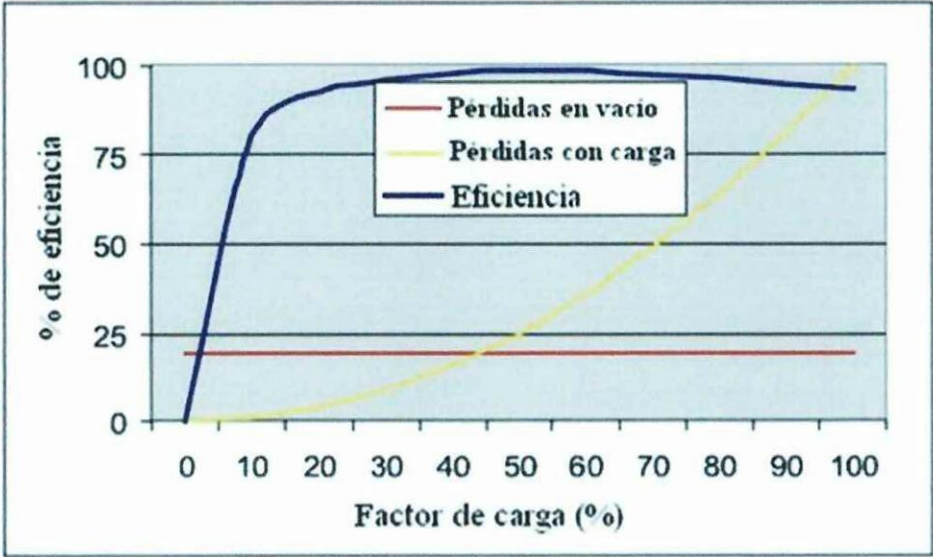
El planteamiento de esta propuesta se basa en tres puntos fundamentalmente los cuales son: Desconexión de uno de los transformadores principales de 750 KVA del repotenciado Hospital Provincial General de Latacunga; Conexión del Tablero de Rayos X al grupo electrógeno de emergencia y la puesta en paralelo del mencionado grupo de generación; Cierre de una parte del circuito del Alimentador CVS3 en la barra de medio voltaje del repotenciado Hospital Provincial General de Latacunga, con la red de alimentación subterránea y con el final de circuito aéreo de la calle Marquez de Maenza próximo a la instalación.

3.6.1. Desconexión de uno de los transformadores principales de 750 KVA del repotenciado Hospital Provincial General de Latacunga.

Contando con el antecedente del Hospital de Seguro Social de la ciudad de Ambato (IESS), considerando que su capacidad instalada actual en camas (210 camas) es cercana a la que se tendrá en el repotenciado hospital General de Latacunga (200 camas); donde se tiene asignadas todas las cargas del hospital incluido imagenología a uno de los dos transformadores de 800 kVA, su demanda máxima más probable según histograma de frecuencias llega a 312,5 kW dando una utilización del transformador del 40%, este valor indica que el transformador está subcargado al ser menor que el 50% , sin embargo está más cercano a este valor y por ende se tendrán menos pérdidas con carga, además el factor de uso obtenido indica que existe capacidad suficiente para incremento de cargas.

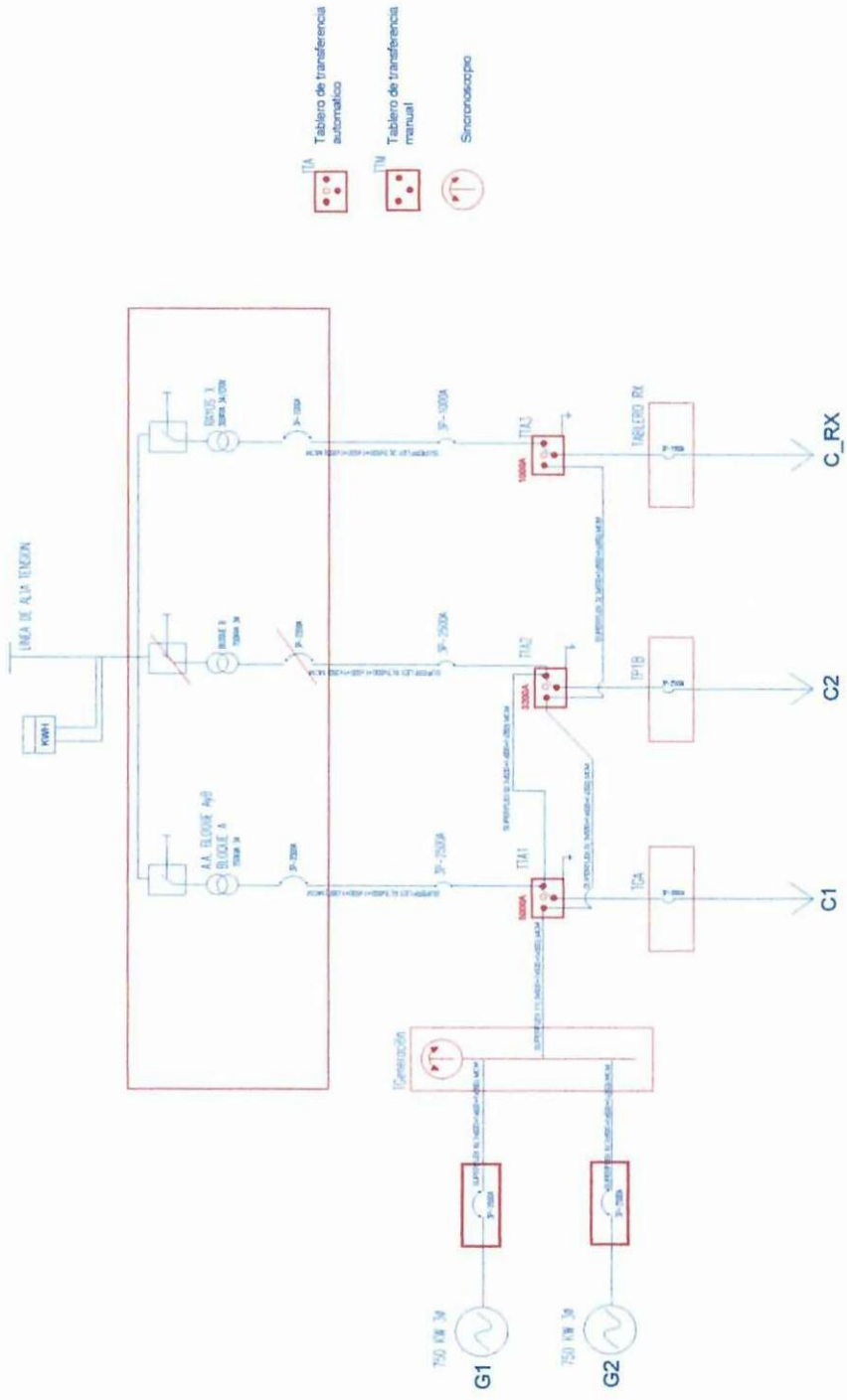
Según, Ing. Manuel Otorongo y otros(1999:5); en su documento *Pérdidas técnicas en un sistema eléctrico de distribución* menciona: "Una forma de reducir las pérdidas en transformadores de distribución que se encuentran en operación es Optimizar su Capacidad, determinando el rango de mejor rendimiento, intercambiando la ubicación de los transformadores entre aquellos que se encuentran sobrecargados y los que se encuentran sobredimensionados, lo que ocasiona beneficios para la empresa tales como: Disminución del valor de las pérdidas en los transformadores, mejor utilización de la capacidad instalada, disminuye las compras de nuevas unidades. Los transformadores de distribución pueden hasta duplicar su porcentaje de pérdidas si operan con cargas muy bajas (por las pérdidas en vacío) o muy altas (pérdidas combinadas de vacío y de carga). La rotación de transformadores permite reubicar los transformadores subutilizados o sobre utilizados a fin de que trabajen dentro de la curva de eficiencia de transformadores".

FIGURA 36. PÉRDIDAS Y EFICIENCIA EN TRANSFORMADORES



Fuente: <http://web.ing.puc.cl/power/alumno08/eficiendistr/trabajo%20de%20investigacion%20v2.htm>

FIGURA 37. DIAGRAMA UNIFILAR DEL FUNCIONAMIENTO DEL REPOTENCIAMIENTO HOSPITAL GENERAL DE LATACUNGA CON UN TRANSFORMADOR PRINCIPAL



Fuente: Diseño eléctrico del repotenciamiento al Hospital General Provincial de Latacunga

La curva de la Figura 36 define que la eficiencia en un transformador es máxima cuando la utilización de su capacidad nominal está entre un 50% y 70%, esto es, que el transformador es menos eficiente si se carga a menos de la mitad de su capacidad o más allá del 80% de su capacidad nominal.

En la Figura 37 se aprecia el diagrama unifilar de la instalación hospitalaria con la propuesta, se alimentan los bloques A y B a través de un solo transformador principal gracias al puente entre los tableros de transferencia automática TTA1 y TTA2, y con la desconexión aguas arriba de uno de los transformadores, para mayor detalle ver Anexo 3.1.

Para calcular las pérdidas que ocasionan mantener energizado un transformador adicional de 750 kVA, es necesario considerar las pérdidas totales del transformador, tanto en vacío como con carga. Las pérdidas en vacío son constantes depende principalmente de la variación del voltaje más no de la variación de la demanda y por ende no dependen de la carga, al contrario las pérdidas con carga son proporcionales a la demanda ya que se encuentran relacionadas con las corrientes que circulan por los elementos del sistema.

Se sumaran las perdidas en vacío con las perdidas con carga para obtener un total de pérdidas en el transformador, se usaran datos normalizados extraídos de la norma nacional NTE INEN 2115:2004, para transformadores de distribución trifásicos de 15 a 2000 kVA clase medio voltaje $\leq 25kV$ clase bajo voltaje $\leq 1,2$ referidos a $85 \square C$.

TABLA 28. PÉRDIDAS EN VACÍO Y CON CARGA NOMINAL

Transformador KVA	Pérdidas en vacío Po (W)	Pérdidas bajo carga nominal Pc (W)	Pérdidas totales Pt (W)
750	1453	8386	9839

Fuente: NTE INEN 2115:2004

Se comenzara obteniendo las perdidas en el cobre, se aplicara un factor de utilización de 21,3% para cada transformador ya que según la Figura 25 Relación número de camas y la demanda de un establecimiento de salud del capítulo dos recopilado del libro instalaciones eléctricas de Albert Spitta, para 200 camas corresponde una demanda aproximada de 320 kVA que nos da un factor de utilización de 42,6% para un transformador de 750 kVA.

$$Fu = \frac{160 \text{ kVA}}{750 \text{ kVA}} = 21,3\%$$

El Manual Latinoamericano y del Caribe para el control de pérdidas eléctricas contempla las pérdidas en el cobre como:

$$P_{cu} = (fu)^2 * \Delta P_{cu}(\text{nominal}) \quad \text{Formula 3}$$

$$P_{cu} = (0,213)^2 * 8386 \text{ W} = 380,46 \text{ W}$$

Dónde:

P_{cu}: perdidas en el cobre a carga nominal

fu: factor de utilización del transformador

ΔP_{cu}: perdidas en el cobre a potencia nominal

Para obtener las pérdidas totales de mantener funcionando a cada transformador de 750 kVA con un factor de utilización de 21,3% se tiene:

$$Pt = Po + Pcu \quad \text{Formula 4}$$

Dónde:

P_t: pérdidas totales en el transformador de 750 kVA

P_o: perdidas en vacío, o sin carga, en el núcleo, en el hierro, P_{fe}

P_{cu}: pérdidas en el cobre, con carga o por efecto Joule

$$P_t = (1453 + 380,46)W = 1,88 \text{ kW}$$

TABLA 29.PÉRDIDAS REALES EN EL TRANSFORMADOR DE 750 kVA

Transformador KVA	Pérdidas en vacío P _o (W)	Pérdidas bajo carga nominal P _c (W)	Pérdidas totales P _t (W)
750	1453	380,46	1833,46

Fuente: Investigación de campo

Este valor corresponderá a las pérdidas reales del transformador de 750 kVA o pérdidas de potencia pico.

3.6.1.1. Cálculo económico de las pérdidas en los transformadores.

Los factores utilizados para dimensionar los transformadores de establecimientos de salud, especialmente para el sistema eléctrico esencial son cercanos a la unidad y en muchos casos los diseñadores acogen factores muy altos para dimensionar el centro de transformación, lo que generalmente se conoce como sobredimensionamiento de los transformadores, lo cual muchas veces genera pérdidas innecesarias de recursos económicos, en tal virtud es necesario conocer el costo económico que representa el funcionamiento de un transformador de 750 KVA adicional al otro de similares características, en el repotenciado Hospital General de Latacunga, para lo cual se hace uso de las pérdidas en vacío y las pérdidas en el cobre de los transformadores.

Según la OLADE, en su publicación Manual Latinoamericano y del Caribe para el

control de pérdidas eléctricas en su página IV-20, para calcular las pérdidas de energía en transformadores de distribución se puede utilizar la siguiente fórmula:

$$\text{Perdidas } E = \text{Perdidas } P_{nom} * \left[\frac{D_{prom}}{D_{max}} \right]^2 * 730 \text{ horas} \quad \text{Formula 5}$$

Dónde:

Perdidas E: perdidas de energía

Perdidas Pnom: pérdidas totales a potencia nominal de la norma NTE INEN 2115:2004 (Pt)

Dprom: demanda promedio

Dmáx: demanda máxima

Como demanda promedio y demanda máxima se utilizaran los datos analizados del transformador principal del actual Hospital General de Latacunga al estar su factor de uso (20%), cercano al esperado (21,3%) si no se implementara la presente solución.

$$\text{Perdidas } E = 9839 \text{ W} * \left[\frac{56,1 \text{ kW}}{104,28 \text{ kW}} \right]^2 * 730 \text{ h}$$

$$\text{Perdidas } E = 9839 \text{ W} * 0,2894 * 730 \text{ h}$$

Entonces:

$$\text{Perdidas de energía} = 2078,6 \text{ kW} * \text{h (mensuales)}$$

Anualmente las pérdidas de energía del transformador serian:

$$\text{Perdidas de energía anuales} = 2078,6 \text{ kWh} * 12 \text{ meses}$$

$$\text{Perdidas de energía anuales} = 24943,28 \text{ kWh}$$

Considerando una tarifa de medio voltaje con demanda de 0,065 USD/kWh, señalada en el cargo tarifario vigente del año 2013 correspondiente a entidad asistencia social para la región sierra, (al ser considerado en el diseño celdas de medición en medio voltaje y aplicando el cargo tarifario vigente del año 2013), las pérdidas de energía en el año serían:

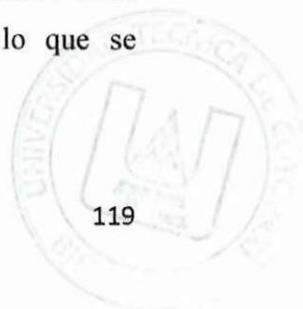
$$24943,28 \text{ kWh} * \frac{0,065 \text{ USD}}{\text{kWh}} = 1621,31 \text{ USD anuales}$$

TABLA 30. COSTOS ECONÓMICOS DEL FUNCIONAMIENTO DE UN TRANSFORMADOR DE 750 kVA ADICIONAL

Aspectos	Transformador 750 kVA	Costo Total USD
Pérdidas mensuales kWh	2078,60	135,109
Pérdidas anuales kWh	24943,28	1621,31

Fuente: Investigación de campo

Considerado la desconexión de uno de los transformadores de 750 kVA del repotenciado Hospital General de Latacunga se ahorraría anualmente la cantidad de **mil seiscientos veinte y un dólares** anuales, que significa el mantener energizado el transformador de tal capacidad. La carga de este transformador la absorbería el restante transformador de la misma capacidad y la utilización de los mismos sería alternada según la necesidad de mantenimiento o emergencia, con lo que se conseguiría un transformador de reserva y disponible.



El costo de la implementación de esta propuesta es de cero inversiones, ya que de tomar en cuenta este punto y al no estar todavía hechas las conexiones a los nuevos transformadores la mano de obra y equipos se consideraran dentro del presupuesto de la obra del repotenciamiento al Hospital General de Latacunga, sin embargo y para fines didácticos se analizara el presupuesto de la implementación de esta propuesta.

3.6.1.2. Presupuesto.

TABLA 31. PRESUPUESTO IMPLEMENTACIÓN PUNTO 1 DE LA PROPUESTA

Descripción	Unidad	Cantidad	P.Unitario \$	P.Total \$
SUPERFLEX 6(3x500+1x500+1x350)	m	3,70	2.372,88	8.779,67
			Subtotal \$	8.779,67
			12% (IVA) \$	1.053,56
			TOTAL \$	9.833,23

Fuente: Análisis de precios unitarios CEE

El presupuesto de este punto de la propuesta es de **nueve mil ochocientos treinta y trescon 23/100 dólares americanos**, el monto incluye equipo, mano de obra y materiales, el análisis de precios unitarios de cada rubro se muestra en el Anexo 3.2.Es importante mencionar que la inversión se la realiza una sola vez y el ahorro

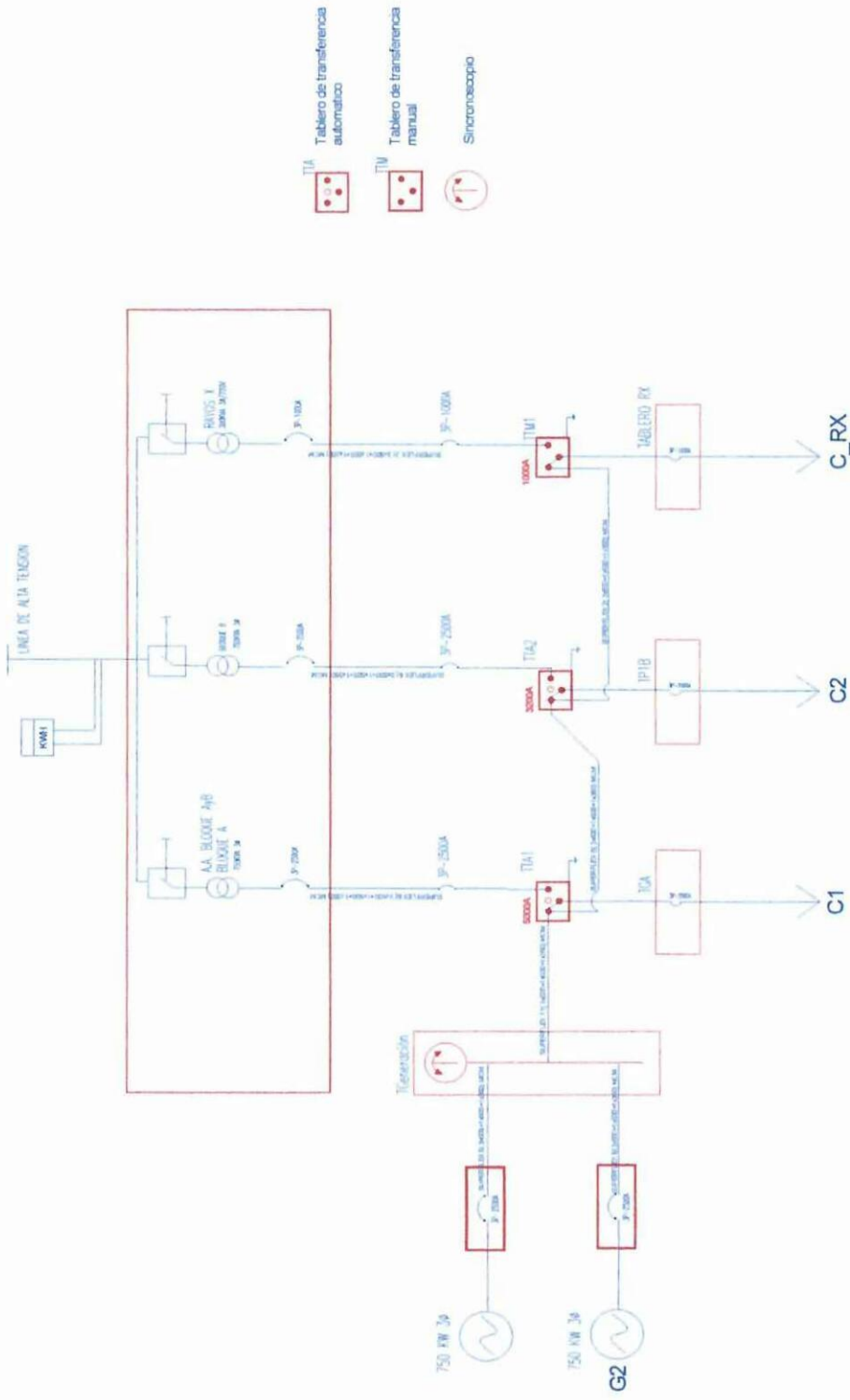
por ladesconexión de un transformador de 750 kVA con el pasar del tiempo será mayor. Técnicamente es viable llevar la carga de un transformador de 750 KVA al otro de la misma capacidad, pudiendo ser esto de forma permanente, o hasta que la demanda sobrepase la capacidad instalada de un transformador.

3.6.2. Conexión del Tablero de Rayos X al grupo electrógeno de emergencia y la puesta en paralelo del mencionado grupo de generación.

En el Capítulo I, Figura 11 Requisitos mínimos en hospitales con capacidad instalada mayor a 150 KVA según el libro de compilación eléctrica NEC, se aprecia que la fuente alternativa suministra energía al sistema eléctrico esencial que comprende el sistema de emergencia y el sistema de equipos dejando fuera a las cargas no esenciales, con el sustento de esta gráfica y las definiciones dadas en este literal se puede concluir que los equipos de imagenología no pertenecen al ramal de cargas no esenciales como se contempla aparece en el diagrama unifilar del diseño eléctrico, sino que pertenece al ramal de sistema de equipos con lo que es procedente la conexión del tablero de Rayos X al grupo de generación electrógeno.

En la Figura 38 se puede apreciar el funcionamiento de los interruptores de transferencia automáticos TTA1, TTA2, y de un interruptor de transferencia manual TTMI recomendado a implementarse para el tablero de imagenología, de esta forma se podrá utilizar los equipos necesarios de la mencionada área en caso de emergencia, siempre y cuando estos no sobrecarguen al generador, con el interruptor de transferencia manual se podrá transferir o sacar esta carga cumpliendo con lo establecido por la normativa NEC 2011, 517.30 Sistema eléctrico esencial para hospitales.

FIGURA 38. DIAGRAMA UNIFILAR DEL REPOTENCIADO HOSPITAL GENERAL DE LATACUNGA CON EL GRUPO ELECTRÓGENO FUNCIONANDO EN PARALELO Y CON LA CONEXIÓN DEL TABLERO DE RAYOS X



Fuente: Diseño eléctrico del repotenciamiento al Hospital General Provincial de Latacunga

En la misma Figura 38 se observa la puesta en paralelo de los dos generadores al ser de iguales características y adicionalmente trayendo las ventajas de este tipo de conexión. Para mayor detalle se anexa el diagrama unifilar en formato dwg (Anexo 3.3).

Según **Hugo Ramírez y Richard Sánchez (2012,9)**; En su tesis denominada Diseño y construcción de un tablero de transferencia y sincronización de generadores de emergencia con PLC y pantalla táctil, menciona:

Existen varias ventajas en la subdivisión de un sistema de generación, tanto desde el punto de vista económico como estratégico. Las principales ventajas de un sistema en paralelo son:

- ✓ Varios generadores pueden suministrar más carga que una sola máquina.
- ✓ Al tener muchos generadores se incrementa la confiabilidad del sistema puesto que la falla de cualquiera de ellos no causa la pérdida total de la carga.
- ✓ Al tener varios generadores operando en paralelo es posible retirar uno o varios de ellos para realizar reparaciones o mantenimiento preventivo.
- ✓ Varios generadores que funcionen en paralelo pueden ponerse en servicio o quitarse según la fluctuación de la demanda.
- ✓ Si se utilizan generadores por separado y éstos no se encuentran operando cerca de plena carga, serán relativamente ineficientes.

3.6.2.1. Presupuesto.

El presupuesto para este punto de la propuesta contempla materiales y mano de obra

para la conexión del tablero de Rayos X al grupo electrógeno por medio de un tablero de transferencia manual y la conexión en paralelo del mismo grupo electrógeno para abastecer la demanda de toda la instalación en caso de desabastecimiento eléctrico de la red principal.

TABLA 32. PRESUPUESTO IMPLEMENTACIÓN PUNTO 2 DE LA PROPUESTA

Descripción	Unidad	Cantidad	P.Unitario \$	P.Total \$
SUPERFLEX 2(3x500+1x500+1x350)	m	4,40	801,98	3.528,73
SUPERFLEX 8(3x500+1x500+1x350)	m	3,70	3.135,83	11.602,58
SUPERFLEX 11(3x500+1x500+1x350)	m	5,00	4.298,26	21.491,29
TABLERO DE TRANSFERENCIA MANUAL 1000A	u	1,00	15.122,90	15.122,90
TABLERO DE GENERADORES CON SINCRONOSCOPIO	u	1,00	5.449,20	5.449,20
			Subtotal \$	57.194,71
			12% (IVA) \$	6.863,36
			TOTAL \$	64.058,07

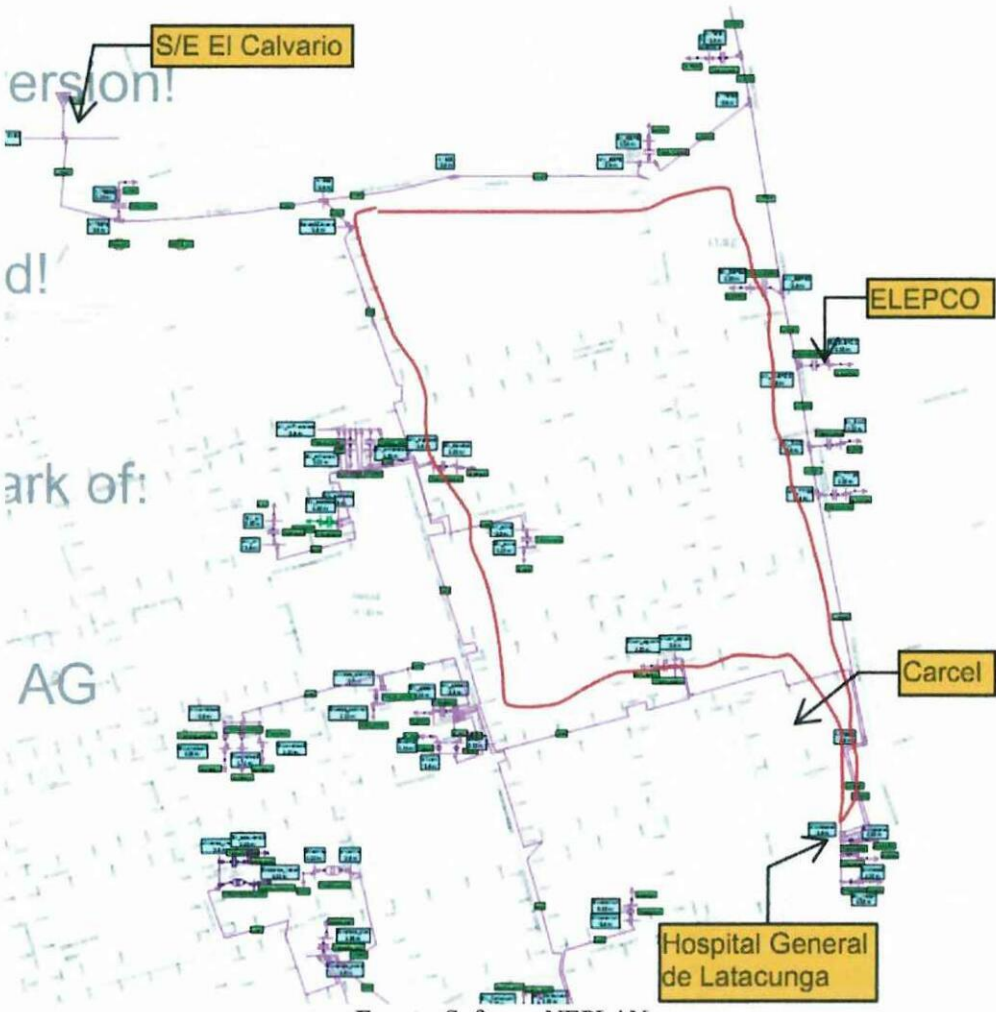
Fuente: Análisis de precios unitarios CEE

El presupuesto de este punto de la propuesta es de **sesenta y cuatro mil cincuenta y ocho con 07/100 dólares americanos**, el monto incluye equipo, mano de obra y materiales, el análisis de precios unitarios de cada rubro se muestra en el Anexo 3.2.

El monto podría disminuir ya que en el diseño original se conectaba un grupo electrógeno para el bloque A y otro para el bloque B con sus respectivos tableros y mediciones, al poner en paralelo la generación solo se necesitara de un tablero pero de mayor capacidad por ello su inclusión en este análisis.

3.6.3. Cierre de una parte del Alimentador CVS3 en la barra de medio voltaje del repotenciado Hospital General de Latacunga, con la red de alimentación subterránea y con el final de circuito aéreo de la calle Marquez de Maenza próximo a la instalación.

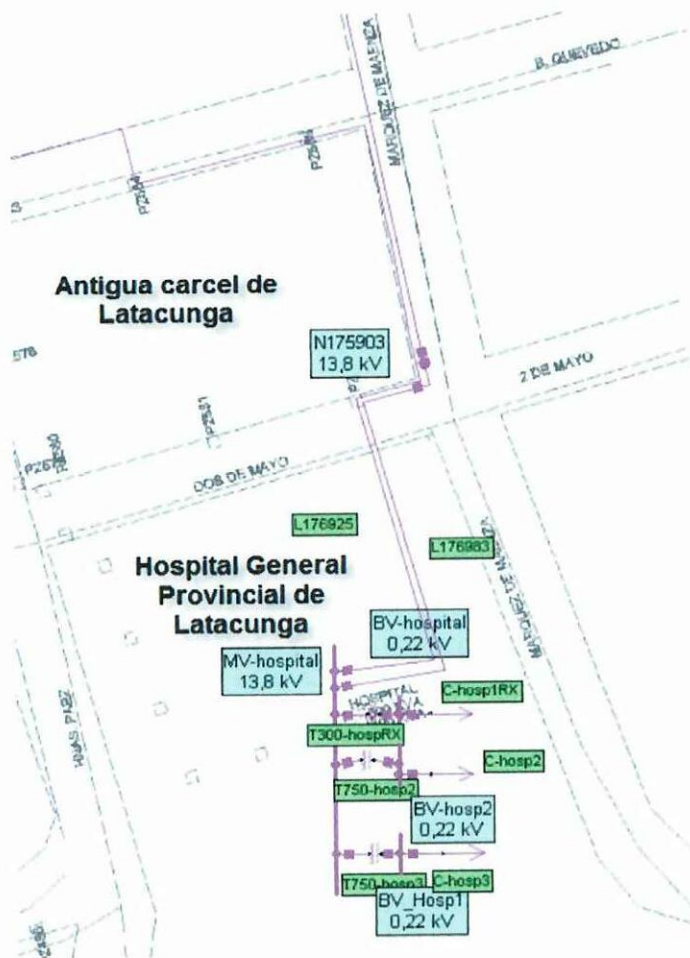
FIGURA 39. CIERRE DE UNA PARTE DEL ALIMENTADOR CVS3 EN LA BARRA DE MEDIO VOLTAJE DEL HOSPITAL PROVINCIAL GENERAL DE LATACUNGA CON LA RED AÉREA DE LA CALLE MARQUEZ DE MAENZA



Fuente: Software NEPLAN

La variante que se presenta es reconfigurar una parte del sistema del Alimentador CVS3 pasando de sistema radial a sistema en anillo, con un cambio pequeño en cuanto a nuevos elementos gracias a la corta distancia que separa un punto de otro pero que trae las ventajas de dos caminos de alimentación a los transformadores de distribución del tramo del alimentador desde la calle General Maldonado hasta la calle Marquez de Maenza y por ende al repotenciado Hospital General de Latacunga que forma parte del mismo.

FIGURA 40. DETALLE DEL CIERRE DE UNA PARTE DEL ALIMENTADOR CVS3 EN LA BARRA DE MEDIO VOLTAJE DEL HOSPITAL PROVINCIAL GENERAL DE LATACUNGA



Fuente: Software NEPLAN

En la Figura 39 se puede apreciar el alimentador CVS3 con el punto 3 de la propuesta, en la parte inferior derecha se observa el cierre del circuito en el repotenciado establecimiento de salud, entre las redes de medio voltaje de alimentación subterránea actual y aérea de la calle Marquez de Maenza.

Para mayor detalle se presenta la Figura 40 y el Anexo 3.4, donde se puede apreciar mejor el cierre de una parte del circuito alimentador CVS3 en la barra de medio voltaje del repotenciado Hospital General de Latacunga.

TABLA 33. VALORES DE MEDIO VOLTAJE PROYECTADOS CON LA IMPLEMENTACIÓN, EN BARRAS DEL REPOTENCIADO HOSPITAL GENERAL DE LATACUNGA

Nodo	0	MV-hospital		
Año	Mes	Día	t [hh:mm]	U [kV]
2014	Jul	14	12:00	13,750717
2015	Jul	14	12:00	13,747456
2016	Jul	14	12:00	13,743455
2017	Jul	14	12:00	13,738335
2018	Jul	14	12:00	13,735406
2019	Jul	14	12:00	13,73247
2020	Jul	14	12:00	13,729154
2021	Jul	14	12:00	13,726201
2022	Jul	14	12:00	13,72324

Fuente: Software NEPLAN

Para el año inicial de la simulación con la propuesta, la caída de voltaje en la barra del repotenciado Hospital General de Latacunga disminuye 9,419 voltios comparada con la simulación sin la implementación de la Tabla 22, mientras que para el año final 2022 llega a 17,228 voltios, la regulación de voltaje mejora en el alimentador beneficiando a las cargas más lejanas como la barra de medio voltaje de la Plaza Sucre donde para el año inicial de la simulación con la implementación la caída de voltaje disminuye 4,13 voltios mientras que para el año final de la simulación disminuye 7,562 voltios.

TABLA 34. VALORES DE CARGABILIDAD EN EL CONDUCTOR SUBTERRÁNEO DE ALIMENTACIÓN A LA INSTALACIÓN DEL REPOTENCIADO HOSPITAL GENERAL DE LATACUNGA

Elemento	1	L176925					
Año	Mes	Día	t [hh:mm]	I [kA]	P [MW]	Q [MVar]	Cargabilidad [%]
2014	Jul	14	12:00	0,005713	0,033838	0,030209	2,739092
2015	Jul	14	12:00	0,006858	0,04208	0,034546	3,241828
2016	Jul	14	12:00	0,007951	0,049746	0,038814	3,726556
2017	Jul	14	12:00	0,008951	0,056545	0,042957	4,181294
2018	Jul	14	12:00	0,010153	0,065093	0,047422	4,702099
2019	Jul	14	12:00	0,011362	0,073648	0,051915	5,224965
2020	Jul	14	12:00	0,012543	0,081917	0,056385	5,738776
2021	Jul	14	12:00	0,013761	0,090485	0,060936	6,26513
2022	Jul	14	12:00	0,014985	0,099059	0,065516	6,793083

Fuente: Software NEPLAN

TABLA 35. VALORES DE CARGABILIDAD EN EL TRAMO DE RED PROPUESTO A SER CONECTADO A LA BARRA DE MEDIO VOLTAJE DEL REPOTENCIADO HOSPITAL GENERAL DE LATACUNGA

Elemento	1	L176983					
Año	Mes	Día	t [hh:mm]	I [kA]	P [MW]	Q [MVar]	Cargabilidad [%]
2014	Jul	14	12:00	0,009559	0,071706	0,024867	4,033275
2015	Jul	14	12:00	0,010566	0,079232	0,027518	4,458311
2016	Jul	14	12:00	0,011649	0,087345	0,030281	4,915253
2017	Jul	14	12:00	0,012845	0,096339	0,033207	5,41998
2018	Jul	14	12:00	0,013823	0,103595	0,035875	5,832287
2019	Jul	14	12:00	0,014802	0,110858	0,038563	6,245441
2020	Jul	14	12:00	0,01582	0,118418	0,04132	6,675117
2021	Jul	14	12:00	0,016803	0,125693	0,044049	7,090011
2022	Jul	14	12:00	0,017789	0,132974	0,046799	7,505774

Fuente: Software NEPLAN

Comparando las tablas 27 y 36, las pérdidas de red con la implementación de la propuesta disminuyen de 0,258 kW en el año inicial de la simulación a 0,945 kW para el año final del estudio.

TABLA 36. VALORES DE PÉRDIDAS EN LA RED

Pérdidas de red					
Año	Mes	Día	t [hh:mm]	P [MW]	Q [MW]
2014	Jul	14	12:00	0,030628	0,131913
2015	Jul	14	12:00	0,032574	0,136303
2016	Jul	14	12:00	0,035411	0,142676
2017	Jul	14	12:00	0,039704	0,152259
2018	Jul	14	12:00	0,041682	0,156839
2019	Jul	14	12:00	0,043751	0,161664
2020	Jul	14	12:00	0,046377	0,167744
2021	Jul	14	12:00	0,048643	0,17309
2022	Jul	14	12:00	0,051002	0,178684

Fuente: Software NEPLAN

Los resultados de la simulación con el nuevo tramo de red se encuentran en el Anexo3.5.

3.6.3.1. Presupuesto

TABLA 37. PRESUPUESTO IMPLEMENTACIÓN PUNTO 3 DE LA PROPUESTA

Descripción	Unidad	Cantidad	P.Unitario \$	P.Total \$
Punta Terminal para exterior 15 KV	u	3,00	186,68	560,04
Seccionador Fusible de 15KV 1F con seccionador fusible unipolar tipo abierto. 100A BIL 95E	u	3,00	123,12	369,36
Pararrayos autoválvula de 10 KV 10 KA	u	3,00	95,89	287,67
Estructura metálica para montaje de seccionadores y pararrayos	u	1,00	213,60	213,60
Puesta a tierra con varilla tipo copperweld 16mm	u	1,00	64,02	64,02
Pozo eléctrico de revisión de MV de 90*90*110 con tapa	u	1,00	188,70	188,70
Alimentador de medio voltaje 3x1/0 XLPE AWG+1/0 AWG Cu	m	128,00	92,80	11.878,40
Punta terminal interior 15KV p/cable # 2 AW	u	3,00	131,07	393,21
			Subtotal \$	13.955,00
			12% (IVA) \$	1.674,60
			TOTAL \$	15.629,60

Fuente: Análisis de precios unitarios CEE

El presupuesto de este punto de la propuesta es de **quince mil seiscientos veinte y nueve con 60/100 dólares americanos**, el monto incluye equipo, mano de obra y materiales, el análisis de precios unitarios de cada rubro se muestra en el Anexo 3.2.

Este punto de la propuesta es factible por la mejora en la continuidad de suministro energético que producirá a la instalación del repotenciado Hospital General de Latacunga, técnicamente es viable cerrar el circuito de este tramo del alimentador en la barra del establecimiento de salud, así lo demuestra la simulación hecha en el programa eléctrico NEPLAN.

El presente punto de la propuesta presenta mayor beneficio que el costo invertido puesto que permitirá disponer de una fuente adicional de abastecimiento energético sin la utilización de insumos como es el combustible en el caso de la utilización de los dos generadores eléctricos que está planificado implementar en el establecimiento de salud.

La nueva canalización que llevara los conductores subterráneos hacia la cámara de transformación y celdas de medición está planificado salga desde la barra de San Agustín como actualmente, y continúe por la calle Belisario Quevedo, Marquez de Maenza, 2 de Mayo y de ahí hacia el establecimiento de salud, uno de los pozos por donde se llevara los nuevos conductores está a escasos tres metros del final de circuito aéreo, se aprovecharían los nuevos pozos y canalización para llevar los conductores propuestos hacia el hospital sin embargo queda a consideración su implementación.

Se considera para la propuesta conductor XLPE 1/0 de cobre a pesar de que la red aérea en su tramo de red de la calle Marquez de Maenza tenga conductor ASC número 2, por que a futuro se piensa pasar esa red aérea a subterránea por encontrarse en el centro de la ciudad.

3.6.4. Presupuesto total de la propuesta.

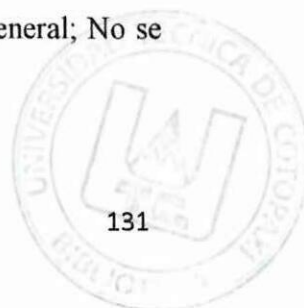
Contando con los análisis de precios unitarios del Cuerpo de Ingenieros del Ejército para los 3 puntos de la propuesta, en los literales 3.6.1.2. Presupuesto para la desconexión de uno de los transformadores principales de 750 KVA, 3.6.2.1. Presupuesto para la conexión del tablero de Rayos X al grupo electrógeno de emergencia y la puesta en paralelo del mencionado grupo de generación y 3.6.3.1. Presupuesto para el cierre de una parte del circuito del Alimentador CVS3 en la barra de medio voltaje del repotenciado Hospital General de Latacunga, se presenta el presupuesto total de la propuesta.

TABLA 38. PRESUPUESTO TOTAL DE LA PROPUESTA

Descripción proyecto	\$
Desconexión de un transformador principales de 750 KVA	9.833,23
Grupo electrógeno en paralelo y con conexión al tablero de Rayos X	64.058,07
Cierre de una parte del circuito del Alimentador CVS3 en la barra de medio voltaje del repotenciado Hospital General de Latacunga	15.629,60
TOTAL PRESUPUESTO PROPUESTA	89.520,90

Fuente: Análisis de precios unitarios CEE

El presupuesto total de la propuesta es de **ochenta y nueve mil quinientos veintecon 90/100 dólares americanos**, el presupuesto presentado incluye equipo, mano de obra y materiales, el análisis de precios unitarios de cada rubro se muestra en el Anexo 3.2. Económicamente es factible el desarrollo de la propuesta al tener el financiamiento directo del Cuerpo de Ingenieros del Ejército y al ser una obra prioritaria dentro de los servicios básicos que atienden a la ciudadanía del centro del país y en general; No se considera rentabilidad en la propuesta al ser un servicio comunitario.



3.7. Conclusiones y recomendaciones de la propuesta

3.7.1. Conclusiones

Culminado el análisis a la propuesta “REDUCCIÓN DE CONSUMO DE ENERGÍA MEDIANTE USO EFICIENTE DE TRANSFORMADORES EN EL REPOTENCIADO HOSPITAL GENERAL DE LATACUNGA Y MEJORA EN LA CONTINUIDAD DE SUMINISTRO ELÉCTRICO A LA INSTALACIÓN” se ha llegado a las siguientes conclusiones:

1. La carga instalada para el transformador principal del actual Hospital General de Latacunga es 499 kW, relacionando este valor con la demanda máxima analizada de 104,28 kW se tiene un factor de demanda de 0,209. Los factores de demanda reales visto en hospitales ronda el valor de 0,3. La carga instalada para el transformador dedicado a imagenología del actual Hospital General de Latacunga es 190 kW, relacionando este valor con la demanda máxima obtenida en mediciones de 47,639 kW se tiene un factor de demanda de 0,25.
2. La demanda máxima registrada en el transformador principal del actual Hospital General de Latacunga en el periodo de mediciones de siete días continuos fue de 110,94 KVA, lo que representa una utilización del 22% de la potencia total del transformador, siendo esto un indicativo de que el transformador se encuentra subcargado. La demanda máxima registrada en el transformador dedicado a imagenología, para el periodo de mediciones de siete días continuos fue de 51,78 KVA, lo que representa una utilización del 46% de la potencia total del transformador, siendo esto un indicativo de que el transformador se encuentra subcargado sin embargo este valor se encuentra dentro de la curva de eficiencia del transformador.

3. Se analizó la demanda registrada del mes de julio del hospital del IESS Ambato, se escogió este establecimiento de salud porque su capacidad en camas es de 300 pero actualmente se encuentran instaladas 210, muy cercano a las 200 camas proyectadas para el repotenciamiento del Hospital General de Latacunga, además el área de construcción del hospital del IESS es mayor. La demanda máxima registrada en el transformador actualmente en uso de 800 KVA del hospital del IESS Ambato , en el periodo de registro de un mes fue de 347,38 KVA, lo que representa una utilización del 43% de la potencia total del transformador, siendo esto un indicativo de que el transformador se encuentra subcargado, a pesar de abastecer la demanda total del hospital incluyendo actualmente las cargas de imagenología.
4. La carga instalada según el diseño eléctrico para el bloque B y C es de 1168,81 kVA, comparándolo con los 750 KVA de capacidad del transformador dedicado a estos bloques se tiene un factor de demanda general de 0,64. La carga instalada según el diseño eléctrico para el bloque A y climatización es de 1183,95 kVA, comparándolo con los 750 KVA de capacidad del transformador dedicado a estos bloques se tiene un factor de demanda general de 0,63.
5. El incremento planificado para la demanda hacia el año 2022 en el alimentador CVS3, con el ingreso de cocinas de inducción y crecimiento tendencial será de 35%.
6. La cargabilidad en los transformadores del alimentador CVS3 para el año 2022 con el ingreso de cargas proyectadas y crecimiento tendencial será de 89%, un máximo de 52,6% de cargabilidad en líneas aéreas y 38,66 para los conductores subterráneos, el valor mínimo de voltaje para los nodos es de 13,71 kV, las pérdidas en la red para el año 2022 llegarán 52,13 kW.

7. La simulación con el tramo de conductor XPLE que cierra una parte del circuito del alimentador CVS3, disminuyó la caída de voltaje en la barra del repotenciado Hospital General de Latacunga e incluso en un ramal alejado del circuito como la Plaza Sucre, con lo que se puede aseverar que la configuración en anillo ofrece mejor continuidad de servicio a las cargas y mejor regulación de voltaje que la configuración de distribución radial.

8. Existe capacidad suficiente para abastecer la nueva demanda del Hospital General de Latacunga así lo demuestra el presente estudio, la factibilidad de servicio emitida por ELEPCO S.A. y los parámetros del equivalente de red del alimentador CVS3, donde se aprecia un alto valor de potencia de cortocircuito, lo que va directamente ligado a la proximidad eléctrica de un grupo de generación, como se observa en el diagrama unifilar de subtransmisión de ELEPCO del Anexo 2.9, donde sus principales aportes de energía son las generadoras Illuchi 1 e Illuchi 2 que interconectan a la subestación El Calvario por medio de sus respectivas redes de distribución, además se observa una interconexión con la subestación La Cocha, que se constituye en un aporte adicional de energía.

3.7.2. Recomendaciones

1. Se recomienda tener un estimado de la carga total instalada o potencia en placa de las cargas más importantes en los establecimientos de salud y de mejor manera según el área a la que pertenezcan, de esta forma al entrar una nueva carga al sistema se podrá actualizar la información de mejor manera.

2. Se recomienda evaluar las condiciones de operación de los transformadores que alimenten a establecimientos de salud, si estos están en condición de subcarga o sobrecarga.
3. Al conocer del bajo factor de demanda presente en hospitales, y por ende bajo factor de uso en los transformadores que alimentan los hospitales se recomienda la desconexión de uno de los transformadores principales de 750 kVA del repotenciado Hospital General de Latacunga, con el fin de que su funcionamiento sea más eficiente y así disminuir las pérdidas que generara el tener funcionando los dos transformadores.
4. Al diseñar y planificar el sistema eléctrico de hospitales se recomienda el uso de factores de demanda y coincidencia según cada especialización o área del establecimiento de salud para no sobredimensionar conductores, protecciones y transformadores.
5. Para dimensionar los transformadores dedicados al área de imagenología se debe tomar en cuenta las recomendaciones dadas por el fabricante de cada equipo, en cuanto a su demanda, protección, para con estas consideraciones utilizar los valores de factor de coincidencia más cercanos a cada realidad y no caer en violaciones a las garantías al tratarse de equipos nuevos.
6. Se recomienda poner en paralelo los generadores del repotenciado Hospital General de Latacunga, ya que poseen similares características y como se analizó en el presente trabajo investigativo, existen bajos factores de demanda en los establecimientos de salud, entonces habrá la posibilidad de dejar fuera de funcionamiento un generador lo que provocará la disminución en costos de combustible, disminución de ruido o simplemente se podrá sacar uno de ellos a mantenimiento preventivo de ser el caso mientras el otro podrá permanecer disponible.

7. Se recomienda conectar las cargas de imagenología al grupo electrógeno por medio de un interruptor de transferencia manual, para en el caso de una emergencia poder utilizar los equipos de esta área siempre y cuando no se sobrecargue la generación de emergencia.

8. Si algún transformador del alimentador CVS3 sobrepasa el 100% de cargabilidad se recomienda evaluar la curva de carga diaria del alimentador, para calcular el tiempo máximo así como el nivel de sobrecarga que puede tolerar el transformador sin dañar su aislamiento o componentes. Se recomienda que los conductores no sobrepasen corrientes altas o el 75% de la capacidad máxima de conducción según el fabricante, ya que al violar estos límites el material conductor puede quedar alterado permanentemente.

ANEXOS

ANEXO 1.1. GLOSARIO DE TÉRMINOS Y SIGLAS

Acometida: Es la instalación comprendida entre el punto de entrega del suministro de energía eléctrica al consumidor y la red pública del distribuidor.

Barras de salida: Corresponde a las barras de Alto Voltaje en las subestaciones de elevación y a las barras de Bajo Voltaje de subestaciones de reducción.

Cable: Conductor con aislamiento o, hilos de conductor con o sin aislamiento.

Cable de Acometida: Conductor de acometida en forma de cable.

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

Carga conectada: La carga conectada es la suma de carga total, dada en las placas características de cada equipo, lo que constituye el sistema de carga compuesto. Un hogar residencial clase A puede tener varios equipos de gran consumo, dando como resultado una gran carga conectada, si todos o cualquiera de estos están funcionando en un momento dado depende de un número de factores, incluyendo la demanda de sus diversos productos de uso final. Es muy poco probable que toda la carga conectada en un sistema o en cualquier ubicación del cliente este operativa a la vez, por ejemplo el aire acondicionado la calefacción no pudiera estar funcionando simultáneamente.

Centro de transformación: Constituye el conjunto de elementos de transformación, protección y seccionamiento utilizados para la distribución de energía eléctrica.

CEE: Cuerpo de Ingenieros del Ejercito



Circuitos Alimentadores o Primarios: Los circuitos primarios constituyen la parte de un sistema de distribución que transportan la energía desde la subestación receptora secundaria o punto de alimentación del sistema donde el voltaje baja de niveles de subtransmisión 69-44.6 KV a voltajes de distribución primarios 22-13.8 KV hasta los primarios de los transformadores de distribución. Los circuitos primarios están conformados por los alimentadores principales y sus ramales laterales y sublaterales. Generalmente los alimentadores principales están conformados en todo su recorrido por las tres fases mientras que los ramales laterales y sublaterales son bifásicos y monofásicos.

Conductor: Material capaz, a través de sí, de conducir una corriente eléctrica.

Conductor aislado: Se considera a los conductores provisto (cubiertos) con un dieléctrico (diferente del aire) cuyo valor de aislamiento de diseño, es igual o mayor que el aislamiento requerido para las condiciones de operación a los cuales está sometido.

Conductor cubierto: Se considera a los conductores provisto (cubiertos) con un dieléctrico (diferente del aire) cuyo valor de aislamiento de diseño, es menor que el aislamiento requerido para las condiciones de operación a los cuales está sometido.

Conductor desnudo: Conductor que no tiene ningún tipo de cubierta o aislamiento eléctrico.

CONELEC: Consejo Nacional de Electricidad

Confiabilidad: Es la habilidad del sistema para proveer energía eléctrica a los principales puntos de utilización en la cantidad requerida y con un nivel aceptable de calidad y seguridad.

CVS3: Alimentador Calvario salida 3

Demanda eléctrica: La demanda eléctrica es una medida de la tasa promedio del consumo eléctrico de sus instalaciones en intervalos de 15 minutos. En general, mientras más aparatos eléctricos se encuentren funcionando al mismo tiempo, mayor es la demanda.

Demanda diversificada o coincidente: Es la suma de las demandas de varios usuarios en un momento determinado, considerando el mismo intervalo de tiempo.

Demanda máxima diversificada: es el máximo valor de la demanda diversificada.

Distancia mínima de seguridad: Es la distancia mínima establecida entre superficies de un objeto energizado y las personas o edificaciones, que garantice a las personas a no recibir descargas eléctricas desde el primero.

EEASA: Empresa eléctrica Ambato Sociedad Anónima.

ELEPCO S.A.: Empresa Eléctrica Provincial de Cotopaxi Sociedad Anónima, es la empresa eléctrica de distribución en la provincia de Cotopaxi.

Empresa Distribuidora: es la que tiene la obligación de prestar el suministro de energía eléctrica a los consumidores finales ubicados dentro del área respecto de la cual goza de exclusividad regulada. Las Empresas Distribuidoras tienen la responsabilidad de prestar el servicio eléctrico a los Consumidores ubicados en su zona de Concesión, dentro de los niveles de calidad establecidos, en virtud de lo que señala la Ley de Régimen del Sector Eléctrico, los Reglamentos aplicables, el Contrato de Concesión y las Regulaciones correspondientes.

Energía: lo que funciona o que es capaz de hacer el trabajo. En los sistemas eléctricos, se es generalmente una referencia a la energía eléctrica medido en kilovatios-hora (KWh).

Factor de carga: relación de la demanda promedio en el sistema vs la demanda máxima del sistema.

$$fu = \frac{D_{prom}}{D_{max}}$$

Si existen picos muy altos podemos considerar una mala utilización del sistema.

Factor de demanda: Es la razón entre la demanda máxima de la instalación o sistema y la carga total instalada, definida sobre un total de tiempo dado. Se entenderá por carga total conectada la suma de las potencias nominales de la instalación considerada.

$$fd = \frac{D_{max}}{\text{Carga instalada}}$$

Este factor nos muestra cuanto de la carga instalada se está ocupando.

Factor de utilización: relación de la demanda máxima en el sistema vs la capacidad nominal del sistema.

$$fu = \frac{D_{max}}{\text{Capacidad instalada}}$$

Este factor permite apreciar si se está ocupando bien o mal algún equipo.

Factor de potencia: Es la relación entre la potencia activa y la potencia aparente.

Falla eléctrica: es el efecto en el aislamiento o conductividad de cualquier componente o mecanismo de un circuito eléctrico, que provoca la interrupción de la corriente.

Hospital: Según NFPA 99 A - 2005; Una construcción o parte del mismo utilizados para la atención médica, psiquiátrica, obstétrico o quirúrgico, durante

las 24 horas del día, de cuatro o más pacientes. La definición de hospital incluye a los hospitales generales, hospitales psiquiátricos, hospitales de tuberculosis, hospitales infantiles y cualquier tipo de instalaciones que proporcionan atención hospitalaria.

IEC: The International Electrotechnical Commission, es una organización mundial para la estandarización comprende todos los comités electrotécnicos nacionales.

IESS: Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social

ISO: International Organization for Standardization

INECEL: extinto Instituto Ecuatoriano de Electrificación. El 31 de marzo de 1999 culminó la vida jurídica del INECEL.

INEN: Instituto Ecuatoriano de Normalización

Interrupción: Es el corte parcial o total del suministro de electricidad a los Consumidores del área de concesión del Distribuidor.

Interruptor de transferencia automática: Un interruptor de acción automática que transfiere una o más conexiones de conductores con carga de una fuente de energía a otra.

Para *Thomson Technology (2010: 11)*, OPERACIÓN NORMAL: Cuando la tensión de la red cae a un valor más bajo que el valor nominal preconfigurado (ajustable desde 70% hasta 100% del valor nominal) en cualquier fase, se inicia el conteo de un tiempo de retardo para el arranque del motor y se apaga la señal de transferir a la red (es decir, apertura de contactos). Después que expira el período de retardo de arranque del motor

(ajustable desde 0 hasta 60 seg.) se activa una señal de arranque del motor (cierre de contactos).

Una vez que arranca el motor, el controlador de interrupción de transferencia monitorea los niveles de tensión y frecuencia del generador. Cuando la frecuencia y tensión del generador superan los valores preconfigurados (ajustables desde 70% hasta 95% del valor nominal), se activa el temporizador de calentamiento del motor. Cuando expira el tiempo de calentamiento (ajustable desde 0 hasta 60 seg.), se envía al interruptor de transferencia una señal de Transferir al generador (cierre de contactos). La carga se transfiere de la red al generador a través de un mecanismo motorizado. El generador continúa suministrando carga hasta que la energía de la red haya retornado.

La secuencia de retransferencia se completa como se indica a continuación: cuando se restablece el voltaje de alimentación de la red a un valor superior al preconfigurado (ajustable desde 70% hasta 95% del valor nominal) en todas las fases, se inicia un tiempo de retardo de transferencia. Después que expira el tiempo de retorno a la red (ajustable desde 0 hasta 30 min.) se apaga la señal de transferir al generador (apertura de contactos); después se le envía al mecanismo del interruptor de transferencia la señal de transferir a la red (cierre de contactos). La carga se retransfiere del generador a la red.

MEER: Ministerio de electricidad y energías renovables.

NEC: National Electrical Code

NFPA: (National Fire Protection Association). La NFPA es la fuente principal mundial para el desarrollo y diseminación de conocimiento sobre seguridad contra incendios y de vida.

Niveles de voltaje: Se refiere a los niveles de alto voltaje (AV), medio voltaje (MV) y bajo voltaje (BV) definidos en el Reglamento de Suministro del Servicio.

OLADE: Organización Latinoamérica de Energía

PEC: programa de eficiencia energética para cocción por inducción y calentamiento de agua con electricidad.

Perdidas con carga: Potencia activa absorbida a la frecuencia nominal, cuando la corriente nominal fluye a través de los terminales de línea de uno de los devanados estando el otro en cortocircuito. Este valor debe ser referido de acuerdo a la temperatura.

Perdidas en vacío: La potencia activa absorbida cuando el voltaje nominal a la frecuencia nominal, se aplica a los terminales de uno de los devanados estando el otro o los otros devanados en circuito abierto.

Pérdidas por efecto Joule: Cuando una corriente eléctrica atraviesa un conductor isotérmico, hay una generación de calor. Este efecto ocurre debido a la transferencia de energía eléctrica a través del conductor por un proceso análogo al rozamiento. Este efecto se denomina "efecto *Joule*".

La ley de Joule enuncia que: "El calor que desarrolla una corriente eléctrica al pasar por un conductores directamente proporcional a la resistencia, al cuadrado de la intensidad de la corriente y el tiempo que dura la corriente

$$Q = I^2 * Rxt \text{ (Watt)}$$

Las pérdidas por efecto Joule se manifiestan principalmente en:

Calentamiento de cables.

Calentamiento de bobinados de los transformadores de distribución.

Pérdidas por histéresis y corrientes parásitas: Existe una potencia que sirve exclusivamente para magnetizar el núcleo, esta potencia no tiene otra aplicación

práctica, por lo que se la puede considerar como potencia perdida en la imantación del núcleo del transformador y es llamada pérdida por histéresis. Por otro lado los equipos eléctricos están formados por pedazos de conductor que se mueven en un campo magnético o están situados en un campo magnético variable, dando lugar a corrientes inducidas que circulan por el volumen del conductor, estas corrientes se denominan de *Foucault* y son corrientes que generan pérdidas.

Potencia (P): una cantidad medible que es la tasa de tiempo de aumento o disminución de la energía. Las unidades están en vatios. La potencia es la velocidad de transferencia o transformación de energía. La potencia eléctrica es la velocidad de transferencia de energía eléctrica. La potencia eléctrica instantánea en un solo par de terminales es igual al producto de la tensión instantánea por la corriente instantánea. Si la tensión y la corriente son periódicas en el tiempo, el valor medio en el tiempo de la potencia instantánea, medida en un número entero de períodos, es la potencia activa, normalmente denominada simplemente potencia cuando no existe peligro de confusión.

Si la tensión y la corriente son funciones sinusoidales del tiempo, el producto del valor eficaz de la tensión por el valor eficaz de la corriente se denomina potencia aparente; el producto del valor eficaz de la tensión por el valor eficaz de la componente de la corriente en fase con la tensión se denomina potencia activa; y el producto del valor eficaz de la tensión por el valor eficaz de la componente de la corriente en cuadratura con la tensión, se denomina potencia reactiva. La unidad SI de la potencia instantánea y de la potencia activa es el watt (W). La unidad coordinada de la potencia aparente es el voltamperio (VA), y la de la potencia reactiva es el var (VAr).

Punto de carga: punto de servicio que representa el tablero de medidores.

Red eléctrica de distribución subterránea: Las redes subterráneas sirven típicamente a áreas de alta densidad de carga, los dispositivos creados para ser usados en redes de distribución deben poseer aislamiento, ser simples de instalar con requerimientos mínimos de espacio.

Regla de Sturges: Para determinar el número óptimo de intervalos de clase, en los cuales los datos quedarán perfectamente distribuidos, se aplica la Regla de Sturges:

$$N^{\circ}. \text{ de intervalos de clase} = 1 + 3.3 * \log(n)$$

En donde “n” representa el número total de datos u observaciones recopilados. El número de intervalos debe ser obviamente un número entero.

Regulación de voltaje: el grado de control o estabilidad del valor eficaz (rms) de voltaje en la carga, generalmente especificado en relación con otros parámetros tales como cambios en el voltaje de entrada, cambios de carga o cambios de temperatura.

r.m.s.: (root mean square): en español valor eficaz.

SNI: Sistema Nacional Interconectado

Transformadores de transformación: transformador de potencia con un máximo de 2500 kVA trifásico o 833 kVA en monofásico según IEC

URD: Underground Residential Distribution (Distribución residencial subterránea)

Voltaje de suministro (Vs): Es el valor del voltaje del servicio que el Distribuidor suministra en el punto de entrega al Consumidor en un instante dado.

Voltaje nominal (Vn): Es el valor del voltaje utilizado para identificar el voltaje de referencia de una red eléctrica.

Alto voltaje: nivel de voltaje superior a 40 KV. C.A.

Medio voltaje: nivel de voltaje superior a 600 V C.A. e inferior a 40 KV.C.A.

Bajo voltaje: nivel de voltaje inferior a 600 V C.A.

ANEXO 2.1. VISTA GENERAL DE LA RED ELECTRICA DE LA CIUDAD DE LATACUNGA TOMADA DEL GEOPORTAL

DEL SECTOR ELECTRICO DE DISTRIBUCIÓN-MEER



Fuente: <http://geoportal.centrosur.com.ec/viewer/MEER/Default.aspx>

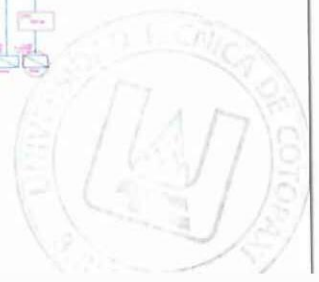
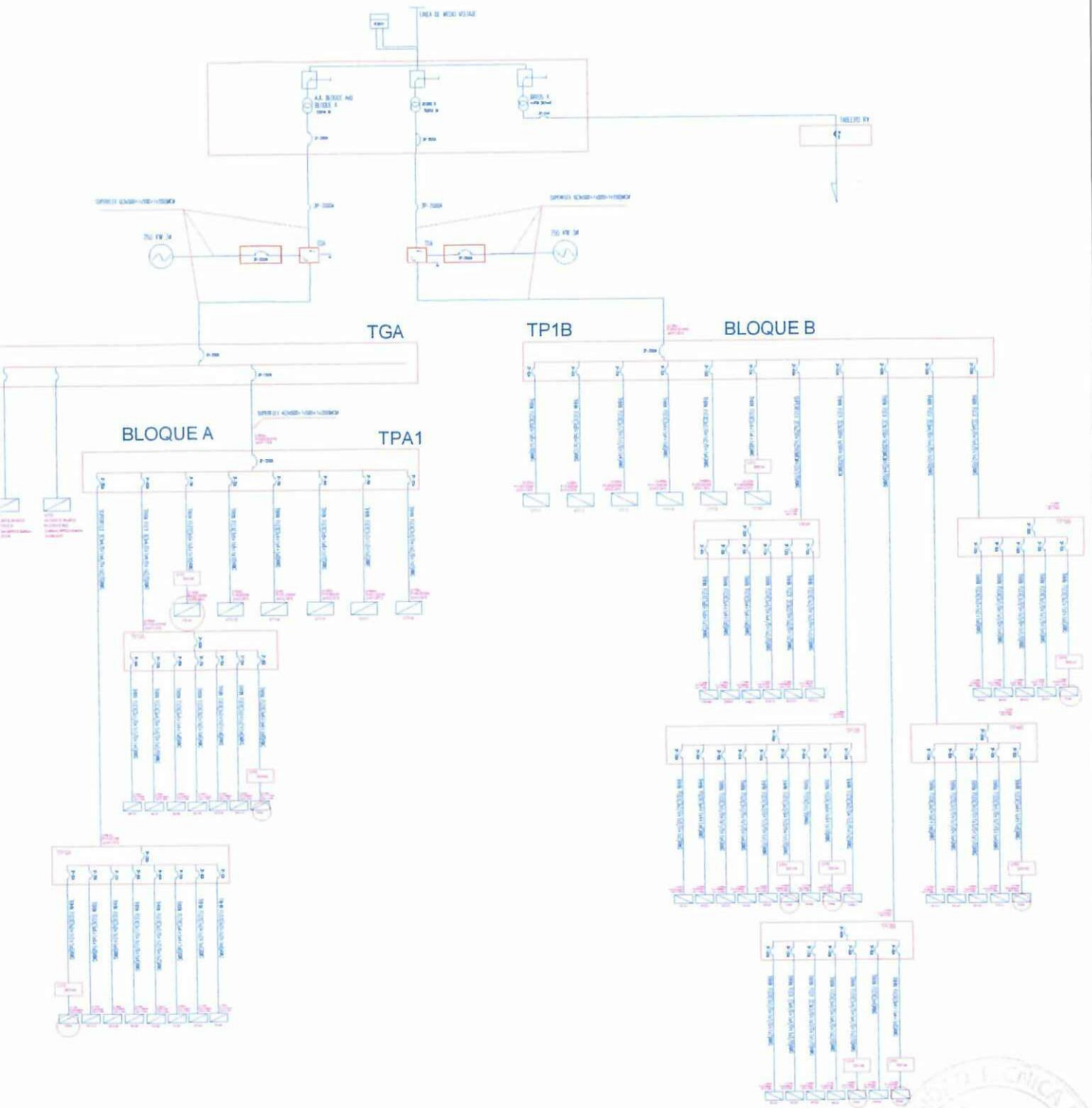
ANEXO 2.2. VISTA PANORAMICA PROYECTADA DEL HOSPITAL GENERAL DE LATACUNGA



Fuente: Consultor ARQUIMAC S.A.

ANEXO 2.3. DIAGRAMA UNIFILAR DEL REPOTENCIAMIENTO AL
HOSPITAL GENERAL DE LATACUNGA [Adjunto en el CD formato .dwg]

DIAGRAMA UNIFILAR ELECTRICO
HOSPITAL DE LATAJUNGA



**ANEXO 2.4. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS AL REPOTENCIAMIENTO
DEL HOSPITAL GENERAL DE LATACUNGA [Adjunto en el CD]**

**ANEXO 2.5. MEMORIA DESCRIPTIVA DEL REPOTENCIAMIENTO AL
HOSPITAL GENERAL DE LATACUNGA [Adjunto en el CD]**

ANEXO 2.6. HOJA DE EXCEL CON DATOS DE DEMANDA DEL MES DE JULIO DE LA SUBESTACIÓN EL CALVARIO, CURVA DE CARGA DEL ALIMENTADOR CVS3 APLICANDO HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS
[Adjunto en el CD]

**ANEXO 2.7. ENTREVISTA AL ING. HENRY CALLE JEFE DE OPERACIÓN
DE ELEPCO S.A.**



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

CUESTIONARIO DE ENTREVISTA

PROYECTO

: “Análisis del alimentador n° 3 de la subestación El Calvario— barra de entrada a 13,8 kV del Hospital General de Latacunga con el ingreso de cargas proyectadas, utilizando el programa de simulación NEPLAN”

DIRIGIDO A

: Jefe de operación de ELEPCO S.A. Ing. Henry Calle.

OBJETIVO

: El siguiente cuestionario tiene el propósito de obtener información relevante acerca del tema de investigación, se procesara dicha información para ingresarla en el programa de simulación NEPLAN que proyectara la situación en la barra de medio voltaje del repotenciado Hospital General de Latacunga hasta el año 2022.

MOTIVACIÓN

: La información que Ud. proporcione será relevante para el desarrollo del presente proyecto y para la reducción de consumo de energía mediante uso eficiente de transformadores en el repotenciado hospital general de Latacunga y mejora en la continuidad de suministro eléctrico a la instalación.

INSTRUCCIONES:

- Por favor sírvase responder de manera objetiva a las preguntas, ya que los datos que se obtengan se usarán estrictamente para la investigación que se está llevando a cabo.
- En las preguntas abiertas escriba lo más conciso posible y en las preguntas de opciones, señale con una equis (X) la respuesta que usted considere conveniente de acuerdo con su opinión.

PREGUNTAS

:

1. ¿Durante cuánto tiempo desempeña su cargo actual?

De 1 a 6 meses

De 7 a 12 meses

De 1 a 3 años

Más de 3 años

<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>



2. ¿Cuál es el porcentaje de crecimiento tendencial de la demanda en alimentadores urbanos considerado en diseño por ELEPCO S.A.?

Datos de la Dirección de Planificación
3% alimentadores urbanos
1 - 2% alimentadores rurales.

3. ¿La relación de la demanda máxima del alimentador para la capacidad instalada en transformación del alimentador con el fin de obtener la cargabilidad promedio por transformador es un método útil en diseño y proyección?

No es la más utilizada, la Dirección de Planificación de ELEPCO S.A. utiliza el método de demanda máxima más probable para la capacidad instalada de cada transformador.

4. ¿Cree usted que el cierre del anillo de medio voltaje de una parte del alimentador CVS3 en la barra del repotenciado Hospital General de Latacunga trae mejoras para la continuidad de servicio de las cargas críticas?

Si trae mejoras para la continuidad del servicio.

5. ¿El sobredimensionamiento de transformadores trae problemas para la distribuidora ELEPCO S.A.? Argumente.

El sobredimensionamiento excesivo provoca pérdidas técnicas en el alimentador.

6. ¿Los programas de simulación eléctrica son de gran importancia en la planificación de los sistemas de distribución?

Si, ayudan a analizar las situaciones operativas actual y la proyectada.

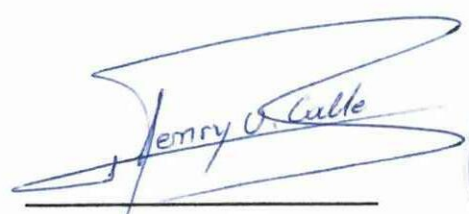
7. ¿Cuál es la razón principal para que las empresas distribuidoras opten por tener su configuración mayormente radial?

costos en construcción de redes de distribución

8. ¿Cree usted que de ser posible se debería mejorar la continuidad de suministro eléctrico a cargas críticas como hospitales mediante el cambio a una configuración de distribución en anillo?

Si se debería mejorar utilizando varias alternativas, una de las cuales es la configuración en anillo.

GRACIAS POR SU COLABORACIÓN



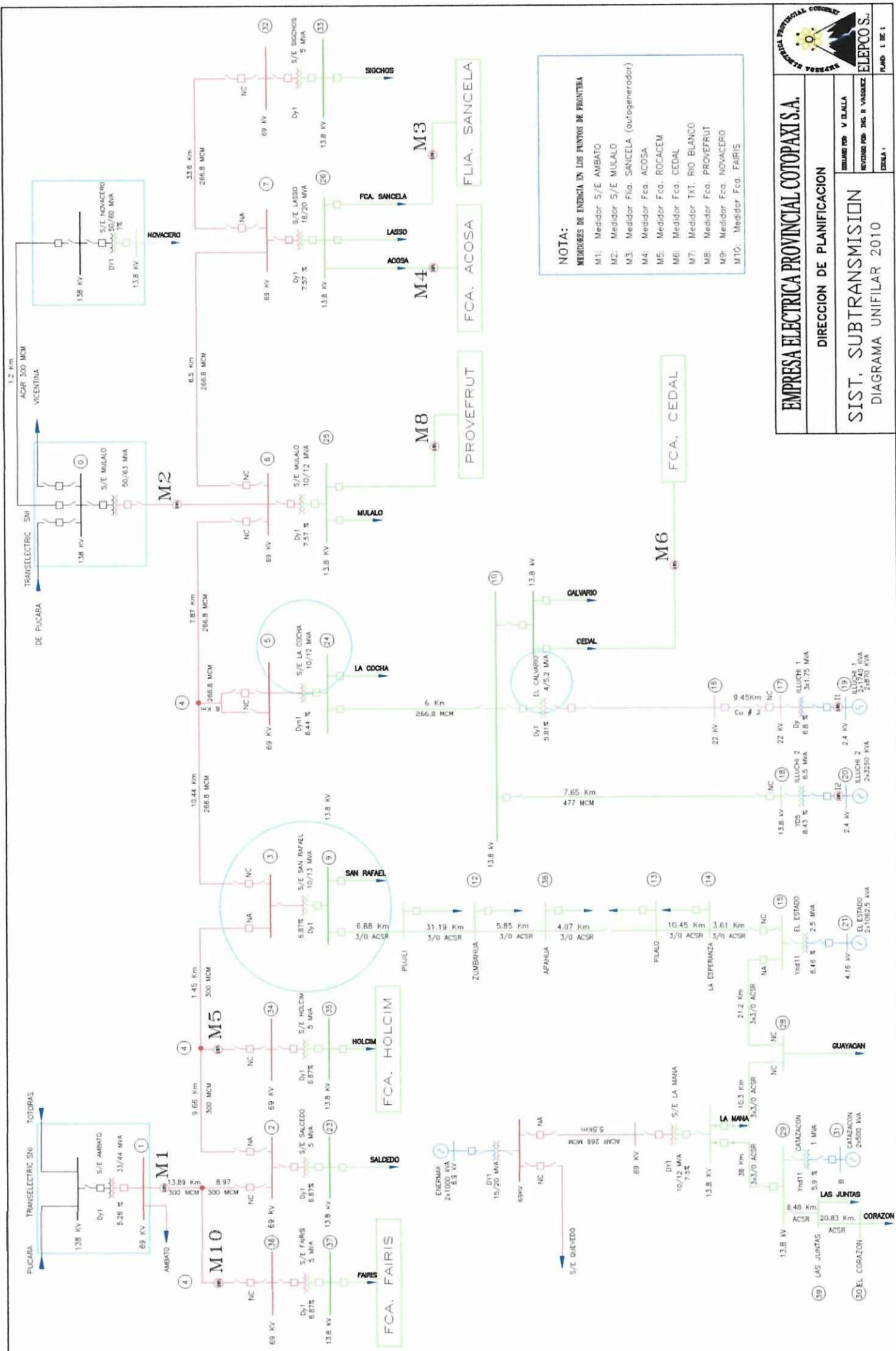
Entrevistado



Entrevistador	: Santiago Marcial		
Fecha	: 03/08/2014		
Tiempo de duración	:	Hora de inicio: 15h 30	Hora de finalización: 16 h 00
Modalidad	: Entrevista		
Observaciones	:		

**ANEXO 2.8. CARGABILIDAD DE LOS TRANSFORMADORES DEL
ALIMENTADOR CVS3 EXPORTADOS DEL SOFTWARE CYMDIST
[Adjunto en el CD]**

ANEXO 2.9. DIAGRAMA UNIFILAR DE SUBTRANSMISIÓN DE ELEPCO
[Adjunto en el CD]



NOTA:
 MEMBRES DE ENERGIA EN LOS PUNTOS DE FRONTERA
 M1: Medidor S/E AMBATO
 M2: Medidor S/E MULLALO
 M3: Medidor Flia. SANCELA (autogenerador)
 M4: Medidor Fca. ACOSA
 M5: Medidor Fca. ROGACEM
 M6: Medidor Fca. CEDAL
 M7: Medidor TXT. RIO BLANCO
 M8: Medidor Fca. PROVEFRUT
 M9: Medidor Fca. NOVACERO
 M10: Medidor Fca. FAIRIS



EMPRESA ELÉCTRICA PROVINCIAL COTOPAXI S.A.

DIRECCION DE PLANIFICACION

SIST. SUBTRANSMISION

DIAGRAMA UNIFILAR 2010

PLANEO POR V. BALALA REVISADO POR ING. R. VASQUEZ	CELDA 1
--	---------

**ANEXO 2.10. FACTIBILIDAD DE SERVICIO_0.97-2014 HOSPITAL
GENERAL PROVINCIAL LATACUNGA**



energía para el buen vivir

Latacunga a; 7 de Mayo 2014

Arquitecto:
Roberto Puga
Presente.-

FACTIBILIDAD DE SERVICIO No. 097-2014			
La Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi S.A., comunica a usted que si esta en capacidad de suministrar potencia y energía para el siguiente proyecto:			
PROYECTO:	HOSPITAL GENERAL PROVINCIAL - LATACUNGA	USUARIO:	MINISTERIO DE SALUD
MOTIVO:	Red de Medio Voltaje y Montaje de Transformador	UBICACIÓN:	HNAS. PAEZ Y DOS DE MAYO
POTENCIA:	1700 KVA	CANTON:	LATACUNGA
ALIMENTADOR:	01CV13B1S3 Redes Subterráneas Centro Sur	NIVEL DE VOLTAJE:	13,8 kV
SUBESTACIÓN:	01CV Subestacion El Calvario		
OBSERVACIONES: EL PROYECTO A PRESENTARSE DEBE CONSIDERAR ACOMETIDA DE MEDIO VOLTAJE SUBTERRANEA Y CAMARA DE TRANSFORMACION (EN AREAS URBANAS)			
1. Las normas para el diseño se aplicarán las vigentes en ELEPCO S.A. y emitidas por el MEER.			
2. Se deberá presentar el cálculo de la demanda, regulación de voltaje, lista valorada de materiales y presupuesto de la obra.			
3. El proyectista deberá codificar los postes del proyecto, de acuerdo a la numeración emitida por ELEPCO S.A. Los números deberán ser pintados con pintura esmalte roja de alta resistencia y de 10x6x2 cm.			
4. El proyectista deberá entregar en medio digital la respectiva georeferenciación de cada estructura del proyecto bajo el siguiente formato: UNIDADES: UTM; ZONA: 17 SUR; DATUM: WGS84; GEOIDE: EGM 96(GLOBAL)			
5. Toda la información pertinente deberá ser ingresada en el programa de liquidación de obras (GAP) de ELEPCO S.A.			
6. Las luminarias deberán ser IP 65 en el conjunto óptico y eléctrico y cumplir con las normas establecidas por el MEER y vigentes en ELEPCO S.A.. Además se deberá utilizar cable preensamblado XLPE en los circuitos secundarios			
7. Los transformadores serán convencionales en trifásicos y autoprotectidos CSP en monofásicos, nuevos y deberán cumplir con las normas INEN 2114 y convencionales o Pad Mounted en trifásicos y deberán cumplir con las normas INEN 2115 , BIL 95 kV.			
8. Los seccionadores deberán ser tipo NCX o similar.			
9. Los pararrayos deberán ser de material polímero con señal de falla.			
10. Los aisladores de suspensión deberán ser de material polímero.			
11. La medición deberá ser coordinada con la Dirección Comercial.			
12. ELEPCO S.A. podrá hacer uso de las líneas de medio voltaje de este proyecto para servir a otros usuarios.			
13. Los derechos de aprobación deberán ser cancelados en ELEPCO S.A.			
14. Para las inspecciones de servicio, fiscalización y energización del proyecto, deberá estar presente el Ingeniero proyectista, en el caso de que el proyecto se vea afectado por líneas de Transmisión o Subtransmisión, el proyecto eléctrico, arquitectónico y civil deben mantener el retiro definido por el organismo correspondiente.			
15. El Proyectista deberá adjuntar a la carpeta las facturas correspondientes del material utilizado en el proyecto una vez concluido el mismo.			
16. De acuerdo a las normas y procedimientos de la Empresa Eléctrica, el proyectista, previa la ejecución del proyecto solicitará la aprobación del respectivo diseño y la autorización correspondiente para iniciar la construcción del mismo.			
17. El proyectista deberá presentar el proyecto en original y 3 copias y en medio digital.			
Atentamente;			
Ing. Hernán Iturralde A. JEFE DE INGENIERIA Y CONSTRUCCION ELEPCO S.A.			

Marqués de Maenza 5-44 y Quijano y Ordóñez
Teléfonos N°. (032) 812630 812640 812650 812660 812700
Fax: (032) 813823 Casilla: 239
www.elepcosa.com info@elepcosa.com
www.facebook.com/elepcosa www.twitter.com/elepcosa
Latacunga - Ecuador

**ANEXO 2.11. METODOLOGÍA EVALUACIÓN IMPACTO PEC SOBRE
SISTEMA DISTRIBUCIÓN [Adjunto en el CD]**

ANEXO 2.12. CLASIFICACIÓN DE USUARIOS DEL ALIMENTADOR CVS3
[Adjunto en el CD]

ANEXO 2.13. ANÁLISIS AL INCREMENTO DE LA DEMANDA DE
FORMA TENDENCIAL Y CON EL INGRESO DE COCINAS DE
INDUCCIÓN [Adjunto en el CD]

ANEXO 2.14. ANÁLISIS DE LOS DATOS REGISTRADOS DEL ACTUAL
HOSPITAL GENERAL DE LATACUNGA Y DEL HOSPITAL DEL IESS
AMBATO [Adjunto en el CD]

**ANEXO 2.15. FACTORES DE DEMANDA DE HOSPITALES DE EEUU E
INGLATERRA [Adjunto en el CD]**

**ANEXO 2.16. CARGA INSTALADA DEL HOSPITAL GENERAL DE
LATACUNGA [Adjunto en el CD]**



**ANEXO 2.17. ANÁLISIS A LA CARGA PROYECTADA Y CUADRO DE
CARGA DEL REPOTENCIADO HOSPITAL GENERAL DE LATACUNGA**
[Adjunto en el CD]

**ANEXO 2.18. ARCHIVO GEO_PDF CON INFORMACIÓN DE LA RED DEL
ALIMENTADOR CVS3 EXPORTADO POR EL PROGRAMA ARCGIS**

[Adjunto en el CD]

ANEXO 2.19. DIAGRAMA UNIFILAR INGRESADO AL PROGRAMA DE
SIMULACIÓN ELÉCTRICA NEPLAN [Adjunto en el CD formato .pdf]

Equivalente de fuente

General | Límites de carga | Armónicos | Fiabilidad | Notas

Tensión del equivalente de fuente

Nominal	13,8	kVLL
Armónico	13,8	kVLL
Armónico de fase	0,0	Grados

Configuración de la fuente

Capacidad nominal

Capacidad	5,2	MVA
-----------	-----	-----

Impedancias del equivalente de fuente

Z1	0,0088	1,6006	Ohms
Z0	0,0574	1,0340	p.u. (100 MVA)

Calcular usando la potencia de cortocircuito

Calcular usando los valores de la fuente

Calcular...

Calcular...

Cerrar

Lista de equipos

- AGS1
- CHS1
- CHS2
- CHS3
- CHS5
- CVS1
- CVS2
- CVS3**
- CVS4
- DEFAULT
- LAS1
- LAS2
- LAS3
- LAS4
- LAS5
- MAS1
- MAS2
- MLS1
- MLS2
- MLS4
- PJS1
- PJS2
- SAS1
- SAS2

Buscar

Potencia de cortocircuito

Información del sistema

Tensión	13,8	kVLL
---------	------	------

Datos de cortocircuito

Fases	MVA	A / B
1	62,30	18,0289
2	70,72	18,0289

Aceptar

Cancelar

Fuente: ELEPCO S.A.

**ANEXO 2.21. RESULTADOS DEL FLUJO DE CARGA CON LA RED
ACTUAL, MÉTODO INYECCIÓN DE CORRIENTE [Adjunto en el CD]**

**ANEXO 2.22. RESULTADOS DEL FLUJO DE CARGA CON PERFILES DE
CARGA HASTA EL AÑO 2022 CONSIDERANDO CARGAS
PROYECTADAS [Adjunto en el CD]**

ANEXO 3.1. DIAGRAMA UNIFILAR DEL FUNCIONAMIENTO DEL
REPOTENCIADO HOSPITAL GENERAL DE LATACUNGA CON UN
TRANSFORMADOR PRINCIPAL [Adjunto en el CD formato .dwg]

**ANEXO 3.2. ANÁLISIS DEL PRESUPUESTO DE LA PROPUESTA [Adjunto
en el CD]**

**ANEXO 3.3. DIAGRAMA UNIFILAR DEL REPOTENCIADO HOSPITAL
GENERAL DE LATACUNGA CON EL GRUPO ELECTRÓGENO
FUNCIONANDO EN PARALELO Y CON LA CONEXIÓN DEL TABLERO
DE RAYOS X [Adjunto en el CD formato .dwg]**



ANEXO3.4. DIAGRAMA UNIFILAR DEL ALIMENTADOR CVS3 CON EL TRAMO ADICIONAL EN EL ALIMENTADOR CVS3 [Adjunto en el CD en formato .pdf]

**ANEXO3.5. RESULTADOS DEL FLUJO DE CARGA CON PERFILES DE
CARGA HASTA EL AÑO 2022 CON LA IMPLEMENTACIÓN DEL PUNTO 3
DE LA PROPUESTA [Adjunto en el CD]**