



Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA**  
**INGENIERÍA Y APLICADAS**  
**CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA EN SISTEMAS**  
**ELÉCTRICOS DE POTENCIA**

**TESIS DE GRADO**

**TEMA:**

“DISEÑO Y SIMULACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE LA RED SUBTERRÁNEA CON LA APLICACIÓN DE NUEVOS CRITERIOS TÉCNICOS – ECONÓMICOS IMPULSADOS POR LA EMPRESA ELÉCTRICA AMBATO REGIONAL CENTRO NORTE S.A. EN EL CENTRO DEL CANTÓN TISALEO PROVINCIA DE TUNGURAHUA, PERIODO 2015”

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

**AUTOR:**

CURIPOMA DÍAZ LUIS RICARDO.

**ASESOR METODOLÓGICO**

Lic. Susana Pallasco

**DIRECTOR DE TESIS**

MSc. Héctor Barrera

**LATAACUNGA - ECUADOR**

**MARZO-2016**



## FORMULARIO DE LA APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

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

- CURIPOMA DÍAZ LUIS RICARDO

Con la tesis, cuyo título es:

“DISEÑO Y SIMULACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE LA RED SUBTERRÁNEA CON LA APLICACIÓN DE NUEVOS CRITERIOS TÉCNICOS – ECONÓMICOS IMPULSADOS POR LA EMPRESA ELÉCTRICA AMBATO REGIONAL CENTRO NORTE S.A. EN EL CENTRO DEL CANTÓN TISALEO PROVINCIA DE TUNGURAHUA, PERIODO 2015”

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

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

Latacunga, 26 de Febrero de 2016

Para constancia firman:

\_\_\_\_\_  
*ING. ÁNGEL LEÓN*  
**PRESIDENTE**

\_\_\_\_\_  
*DR. RAÚL MONTALUISA*  
**MIEMBRO**

\_\_\_\_\_  
*DR. SECUNDINO MARRENO*  
**OPOSITOR**

\_\_\_\_\_  
*MSc. HÉCTOR BARRERA*  
**TUTOR (DIRECTOR)**

## **AUTORÍA**

Yo, Curipoma Díaz Luis Ricardo con cedula de identidad N° 180478050-8 declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación personal; y que se ha consultado en dichas bibliografías que se incluye en este documento.

A través de la presente declaración concedo el derecho de propiedad intelectual correspondiente a este trabajo, a la Universidad Técnica de Cotopaxi, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la Normativa Institucional Vigente.

-----  
Luis Ricardo Curipoma Díaz  
C.C. 180478050-8



## AVAL DE DIRECTOR DE TESIS

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

“DISEÑO Y SIMULACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE LA RED SUBTERRÁNEA CON LA APLICACIÓN DE NUEVOS CRITERIOS TÉCNICOS – ECONÓMICOS IMPULSADOS POR LA EMPRESA ELÉCTRICA AMBATO REGIONAL CENTRO NORTE S.A. EN EL CENTRO DEL CANTÓN TISALEO PROVINCIA DE TUNGURAHUA, PERIODO 2015”

Del señor estudiante; Curipoma Díaz Luis Ricardo

Postulante de la Carrera de Ingeniería Eléctrica en Sistemas Eléctricos de Potencia

### CERTIFICO QUE:

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

Latacunga, Marzo 2016

EL DIRECTOR

.....  
MSc. HÉCTOR BARRERA

**DIRECTOR DE TESIS**



## AVAL DE ASESOR METODOLÓGICO

En calidad de **Asesor Metodológico** del Trabajo de Investigación sobre el tema:

“DISEÑO Y SIMULACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE LA RED SUBTERRÁNEA CON LA APLICACIÓN DE NUEVOS CRITERIOS TÉCNICOS – ECONÓMICOS IMPULSADOS POR LA EMPRESA ELÉCTRICA AMBATO REGIONAL CENTRO NORTE S.A. EN EL CENTRO DEL CANTÓN TISALEO PROVINCIA DE TUNGURAHUA, PERIODO 2015”

Del señor estudiante; Curipoma Díaz Luis Ricardo postulante de la Carrera de Ingeniería Eléctrica en Sistemas Eléctricos de Potencia.

### **CERTIFICO QUE:**

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

Latacunga, Marzo 2016.

.....  
Lic. Susana Pallasco  
**ASESOR METODOLÓGICO**

## CERTIFICACIÓN EEASA

Yo, MSc. Héctor Barrera en calidad de Director del Departamento de Subtransmisión de la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A. a petición verbal del interesado:

Certifico que el señor Luis Ricardo Curipoma Díaz estudiante de la Universidad Técnica de Cotopaxi portador de la cédula de identidad N° 180478050-8, realizó la tesis de grado previo a la obtención de Ingeniero Eléctrico con el tema **“DISEÑO Y SIMULACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE LA RED SUBTERRÁNEA CON LA APLICACIÓN DE NUEVOS CRITERIOS TÉCNICOS - ECONÓMICOS IMPULSADOS POR LA EMPRESA ELÉCTRICA AMBATO REGIONAL CENTRO NORTE S.A. EN EL CENTRO DEL CANTÓN TISALEO PROVINCIA DE TUNGURAHUA, PERIODO 2015”**, en el Periodo de Septiembre a Diciembre de 2015 bajo la supervisión del Departamento de Diseño y Construcción.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad, facultando al interesado hacer uso del presente documento en la forma que estime pertinente.

Ambato, Marzo 2016.

-----  
MSc. Héctor Barrera  
Director del Departamento de Subtransmisión.

## **AGRADECIMIENTO**

*Agradezco a Dios por darme la fuerza y la inteligencia para salir adelante en cada una de mis etapas de estudio.*

*A mis padres por su esfuerzo, sacrificio y dedicación para sacarme adelante con sus consejos, palabras y ejemplo de trabajo.*

*A la Universidad Técnica de Cotopaxi que me formo profesionalmente en sus aulas.*

*A cada uno que fueron mis profesores que supieron impartirme sus conocimientos para lograr ser un buen profesional.*

*Agradecimiento al Ing. Héctor Barrera, mi director de tesis por su ayuda a lo largo de este trabajo de tesis.*

*A la Empresa Eléctrica Ambato por la facilidad de información la cual me permitió realizar sin inconvenientes este trabajo de investigación.*

*Agradecer infinitamente al Ing. Christian Erazo por su supervisión técnica y ayuda en cada avance de este trabajo de tesis.*

*A mis amigos y familiares que con su compañía y palabras apoyaron a la culminación de este trabajo.*

**Luis Curipoma**

## **DEDICATORIA**

*“Dedico mi trabajo de tesis a las personas más maravillosas que me ha regalado Dios, que son mis padres el Sr. Ángel Curipoma y la Sra. Gloria Díaz que con su esfuerzo, dedicación y cariño me apoyaron en cada escalón de mi vida estudiantil.*

*En especial dedico mi trabajo de tesis al angelito que Dios me dio, mi hermana Liliana Curipoma que con su compañía y cariño supo apoyarme en todo momento.*

*Además dedico este trabajo a un gran compañero y amigo Galo Barahona, que siempre estará presente en mis logros profesionales, quien estoy seguro que desde el cielo me está apoyando en todo momento”*

***Luis Curipoma***

## ÍNDICE DE CONTENIDO

PORTADA .....	i
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO .....	ii
AUTORÍA .....	iii
AVAL DEL DIRECTOR .....	iv
AVAL ASESOR METODOLÓGICO .....	v
CERTIFICACIÓN EEASA.....	vi
AGRADECIMIENTO .....	vii
DEDICATORIA.....	viii
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	ix
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiv
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xvi
RESUMEN .....	xviii
ABSTRACT .....	xix
AVAL DE TRADUCCIÓN .....	xx
INTRODUCCIÓN.....	xxi
CAPITULO I.....	1
1.FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	1
1.1.Sistema de distribución eléctrica.....	1
1.2.Disposición del Ministerio de electricidad y energía renovable. ....	1
1.3.ELEMENTOS DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA .....	2
1.3.1.Subestación de distribución.....	2
1.3.2.Red de distribución primaria. ....	3
1.3.3.Centro de transformación. ....	4
1.3.4.Red de distribución secundaria.....	4
1.3.5.Alumbrado público.....	4
1.3.6.Acometidas.....	4
1.3.7.Medidores.....	5
1.4.Sistema de distribución eléctrica subterránea. ....	5
1.4.1.Topología del sistema de distribución eléctrica subterránea.....	5
1.4.1.1.Red radial. ....	5

1.4.1.2.Red en anillo abierto.....	6
1.4.1.3.Red mallada.....	7
1.4.2.Parámetros de diseño eléctrico.....	7
1.4.2.1.Muestra.....	7
1.4.2.2.Consumo promedio.....	7
1.4.2.3.Tasa de crecimiento (Ti).....	8
1.4.2.4.Factor de potencia (fp).....	8
1.4.2.5.Factor de demanda.....	9
1.4.2.6.Demanda.....	9
1.4.2.7.Demanda máxima.....	10
1.4.2.8.Demanda Máxima Coincidente (DMC).....	10
1.4.3.Estimación de la demanda.....	10
1.4.3.1.Método REA (Rural Electrification Administration).....	11
1.4.4.Capacidad del centro de transformación.....	11
1.4.4.1.Cámaras de transformación.....	12
1.4.4.2.Malla de puesta a tierra.....	13
1.4.5.Alimentadores primarios.....	14
1.4.6.Circuitos secundarios.....	14
1.4.7.Caídas de voltaje.....	15
1.4.7.1.Normativa EEASA para caídas de voltaje.....	15
1.5.CANALIZACIÓN.....	16
1.5.1.Banco de ductos.....	16
1.5.2.Pozos.....	18
1.6.Programa de cocción eficiente.....	19
1.6.1.Demanda de cocinas de inducción.....	20
1.7.Programas de simulación.....	22
1.7.1.DIALux.....	22
1.7.1.1.Características.....	22
1.7.1.2.Datos.....	23
1.7.1.3.Catálogos On-Line.....	23
1.7.1.4.Output.....	23
1.7.2.CYME.....	24

1.7.2.1.Cymdist. ....	25
1.7.2.2.Características. ....	26
1.7.2.3.Reportes. ....	27
CAPITULO II.....	28
2. RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS .....	28
2.1.Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A. ....	28
2.1.1.Misión. ....	28
2.1.2.Visión. ....	28
2.1.3.Objetivos. ....	29
2.1.4.Sistema organizacional.....	29
2.2.Metodología de la investigación. ....	30
2.2.1.Niveles de la investigación.....	30
2.2.1.1.Investigación exploratoria .....	30
2.2.1.2.Investigación descriptiva.....	31
2.2.1.3.Investigación explicativa.....	31
2.2.2.Métodos .....	31
2.2.2.1.Método hipotético – deductivo.....	31
2.2.2.2.Método experimental.....	32
2.3.TÉCNICAS E INSTRUMENTOS.....	32
2.3.1.Observación.....	32
2.3.2.El experimento. ....	33
2.4.HIPÓTESIS.....	33
2.4.1.Variable de investigación.....	34
2.5.Operacionalización de las variables.....	34
2.5.1.Operacionalización variable independiente.....	34
2.5.2.Operacionalización variable dependiente.....	35
2.6.Delimitación del área de estudio. ....	35
2.7.Descripción del sistema eléctrico actual del área de estudio. ....	37
2.7.1.Tipos de usuarios.....	39
2.8.Estudio de la demanda actual.....	41
2.9.Aplicación del método REA. ....	47
2.10.Proyección de la demanda.....	50

2.10.1.Tasa de crecimiento.....	50
2.10.2.Demanda máxima coincidente proyectada.....	51
2.11.Verificación de la hipótesis.....	52
CAPITULO III.....	54
3. PROPUESTA.....	54
3.1.Tema.....	54
3.2.Presentación.....	54
3.3.Objetivos.....	55
3.3.1.General.....	55
3.3.2.Específicos.....	55
3.4.Justificación.....	56
3.5.Desarrollo de la propuesta.....	57
3.6.Ubicación de los centros de transformación.....	57
3.7.Calculo de la demanda de diseño.....	58
3.7.1.Demanda máxima coincidente proyectada.....	58
3.7.2.Alumbrado público.....	58
3.7.3.Cargas especiales.....	67
3.8.Capacidad de los centros de transformación.....	70
3.8.1.Malla de puesta a tierra.....	71
3.9.Elección de conductores.....	73
3.9.1.Medio voltaje.....	73
3.9.2.Bajo voltaje.....	74
3.9.2.1.Computo de caídas de voltaje.....	75
3.9.3.Acometidas.....	82
3.9.4.Alumbrado público.....	83
3.10.Especificaciones técnicas de equipamiento eléctrico.....	83
3.10.1.Especificaciones de Transformadores.....	83
3.10.2.Conectores tipo C de aluminio.....	85
3.10.3.Empalmes para cables de bajo voltaje de aluminio.....	85
3.10.4.Sistema de medición.....	86
3.11.Elementos de maniobra y protección.....	87
3.11.1.Transformador de distribución.....	87

3.11.2.Barrajes desconectables.....	89
3.12.Simulación de la red subterránea. ....	90
3.13.Obras civiles.....	97
3.13.1.Cámaras de transformación. ....	97
3.13.2.Canalización. ....	98
3.13.2.1.Canalización de redes primarias.....	98
3.13.2.2.Pozos. ....	99
3.13.2.3.Canalización de redes secundarias. ....	99
3.13.2.4.Pozos. ....	100
3.13.2.5.Acometidas y alumbrado público.....	100
3.14.Análisis económico. ....	100
3.14.1.Material de conductores. ....	101
3.14.2.Beneficio social. ....	101
3.14.3.Presupuesto referencial.....	102
CONCLUSIONES.....	104
RECOMENDACIONES .....	105
BIBLIOGRAFÍA.....	106
ANEXOS. ....	109

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1.1. CAPACIDAD DE TRANSFORMADORES .....	12
Tabla N° 1.2. LIMITES DE CAÍDA DE VOLTAJE EN REDES PRIMARIAS.....	16
Tabla N° 1.3. LIMITES DE CAÍDA DE VOLTAJE EN REDES SECUNDARIAS..	16
Tabla N° 1.4. CARACTERÍSTICAS DE DUCTOS .....	18
Tabla N° 1.5. CARACTERÍSTICAS DE POZOS.....	19
Tabla N° 1.6. CARACTERÍSTICAS DE LAS COCINAS DE INDUCCIÓN .....	21
Tabla N° 2.1. TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN INSTALADOS .....	39
Tabla N° 2.2. TIPOS DE TARIFAS .....	40
Tabla N° 2.3. TIPOS DE USUARIO POR CATEGORÍA.....	41
Tabla N° 2.4. NÚMERO DE USUARIOS POR MANZANA .....	43
Tabla N° 2.5. TIPO DE CLIENTES POR MANZANA.....	44
Tabla N° 2.6. CONSUMO POR TIPO DE CLIENTES .....	45
Tabla N° 2.7. DATOS MANZANA N° 5.....	47
Tabla N° 3.1. CLASIFICACIÓN DE VÍAS.....	59
Tabla N° 3.2. NIVELES FOTOMÉTRICOS MÍNIMOS .....	60
Tabla N° 3.3. CARACTERÍSTICA DE VÍAS.....	60
Tabla N° 3.4. CARACTERÍSTICAS LUMINARIAS .....	60
Tabla N° 3.5. DATOS FOTOMÉTRICOS 1 .....	63
Tabla N° 3.6. DATOS FOTOMÉTRICOS 2 .....	63
Tabla N° 3.7. DATOS FOTOMÉTRICOS 3 .....	63
Tabla N° 3.8. DATOS FOTOMÉTRICOS 4.....	63
Tabla N° 3.9. DATOS FOTOMÉTRICOS 5 .....	64
Tabla N° 3.10. DATOS FOTOMÉTRICOS 6.....	64
Tabla N° 3.11. DATOS FOTOMÉTRICOS 7.....	64
Tabla N° 3.12. DATOS FOTOMÉTRICOS 8.....	64
Tabla N° 3.13. DATOS FOTOMÉTRICOS 9.....	64

Tabla N° 3.14. DATOS FOTOMÉTRICOS 10 .....	65
Tabla N° 3.15. DATOS FOTOMÉTRICOS 11 .....	65
Tabla N° 3.16. ALUMBRADO PÚBLICO POR MANZANA .....	66
Tabla N° 3.17. USUARIOS RESIDENCIALES PROYECTADOS .....	67
Tabla N° 3.18. DATOS MANZANA 5 .....	68
Tabla N° 3.19. CAPACIDAD DE CENTROS DE TRANSFORMACIÓN.....	70
Tabla N° 3.20. CALCULO DEMANDA POR USUARIOS .....	75
Tabla N° 3.21. DEMANDA DE COCINAS DE INDUCCIÓN .....	77
Tabla N° 3.22. CARACTERÍSTICAS DE CONDUCTORES .....	79
Tabla N° 3.23. RESULTADOS DE CAÍDAS DE VOLTAJE .....	80
Tabla N° 3.25. ESPECIFICACIÓN DE TRANSFORMADOR TIPO .....	84

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1.1. SUBESTACIÓN DE DISTRIBUCIÓN.....	3
Figura N° 1.2. RED RADIAL .....	6
Figura N° 1.3. RED EN ANILLO ABIERTO .....	6
Figura N° 1.4. RED MALLADA.....	7
Figura N° 1.5. BANCO DE DUCTOS .....	17
Figura N° 1.6. CÁMARA DE TRANSFORMACIÓN.....	18
Figura N° 1.7. CURVAS DE WESTINGHOUSE.....	20
Figura N° 1.8. LOGO DIALux.....	22
Figura N° 1.9. LOGO PROGRAMA CYME .....	24
Figura N° 2.1. ORGANIGRAMA EEASA. ....	30
Figura N° 2.2. DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	36
Figura N° 2.3. DIAGRAMA UNIFILAR SUBESTACIÓN MONTALVO.....	37
Figura N° 2.4. ALIMENTACIÓN DEL CANTÓN TISALEO .....	38
Figura N° 2.5. NUMERACIÓN DE MANZANAS DEL AE .....	42
Figura N° 2.6. PORCENTAJE DE TARIFAS EN EL ÁREA DE ESTUDIO .....	45
Figura N° 2.7. CONSUMO POR TIPO DE TARIFA .....	46
Figura N° 3.1. INGRESO DEL ÁREA DE ESTUDIO .....	61
Figura N° 3.2. VISTA 3D DE LAS ESCENAS EXTERIORES .....	62
Figura N° 3.3. VISTA 3D DEL DISEÑO DE ALUMBRADO.....	65
Figura N° 3.4. MALLA DE PUESTA A TIERRA.....	72
Figura N° 3.5. CONDUCTOR DE ALUMINIO XLPE 15 kV. ....	74
Figura N° 3.6. IDENTIFICACIÓN DE TRAMOS. ....	80
Figura N° 3.7. CONDUCTOR DE ALUMINIO TTU 2 kV.....	82
Figura N° 3.8. TRANSFORMADOR TIPO SUMERGIBLE .....	84
Figura N° 3.9. CONDUCTOR DE ALUMINIO TTU 2 kV.....	85
Figura N° 3.10. KIT DE EMPALMES PARA CONDUCTORES DE AL. ....	86

Figura N° 3.11. SISTEMA DE MEDICIÓN. ....	86
Figura N° 3.12. CAJA DE SEGURIDAD DEL SISTEMA DE MEDICIÓN. ....	87
Figura N° 3.13. PORTAFUSIBLE Y FUSIBLE BAY-O-NET. ....	87
Figura N° 3.14. BARRA DESCONECTABLE MEDIO VOLTAJE. ....	89
Figura N° 3.15. CÁMARA DE SECCIONAMIENTO. ....	89
Figura N° 3.16. CONECTOR TIPO CODO. ....	90
Figura N° 3.17. INGRESO DE DATOS DEL TRANSFORMADOR. ....	91
Figura N° 3.18. INGRESO DE DATOS DEL CONDUCTOR. ....	92
Figura N° 3.19. INGRESO DE DATOS DEL CONDUCTOR. ....	93
Figura N° 3.21. TRAZADO DE REDES SECUNDARIAS. ....	94
Figura N° 3.22. TRAZADO DE RED PRIMARIA. ....	95
Figura N° 3.23. PERFIL DE VOLTAJE TRANSFORMADOR 1. ....	96
Figura N° 3.24. PERFIL DE VOLTAJE TRANSFORMADOR 2. ....	96
Figura N° 3.25. PERFIL DE VOLTAJE TRANSFORMADOR 3. ....	97
Figura N° 3.26. CÁMARA DE TRANSFORMACIÓN TIPO BÓVEDA. ....	98
Figura N° 3.27. REDES ELÉCTRICAS ACTUALES. ....	102



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

Latacunga – Ecuador

---

**TEMA:** DISEÑO Y SIMULACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE LA RED SUBTERRÁNEA CON LA APLICACIÓN DE NUEVOS CRITERIOS TÉCNICOS – ECONÓMICOS IMPULSADOS POR LA EMPRESA ELÉCTRICA AMBATO REGIONAL CENTRO NORTE S.A. EN EL CENTRO DEL CANTÓN TISALEO PROVINCIA DE TUNGURAHUA, PERIODO 2015

**Autor:** Curipoma Díaz Luis R.

## RESUMEN

La Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A. con el fin de acatar las disposiciones del Ministerio de Electricidad y Energía Renovable sobre el reemplazo de redes aéreas a subterráneas, permite realizar los diseños de las redes subterráneas en los centros históricos de su área de concesión.

El presente trabajo determina los parámetros necesarios para realizar el diseño de la red eléctrica subterránea, mediante al análisis de la situación actual del sistema eléctrico, para el centro del Cantón Tisaleo.

Se presenta en este trabajo el procedimiento de análisis del consumo promedio de energía de los usuarios, aplicación del método REA para determinar la Demanda Máxima Coincidente la cual será proyectada por un factor de crecimiento.

La Demanda Máxima Coincidente Proyectada permite determinar la capacidad de los transformadores de 250 kVA que se establece en el presente diseño.

Para aplicar los nuevos criterios técnicos económicos que establece la EEASA, se analiza la red subterránea con conductores de aluminio en cuanto a caídas de voltaje, cargabilidad de conductores precautelando un servicio de calidad a los usuarios afectados por la red subterránea.

Finalmente, al cumplir con los valores de calidad de servicio que estipula la EEASA en sus Guías de Diseño se realiza un análisis económico comparativo entre los conductores de cobre y aluminio.

En el análisis del presupuesto referencial del presente trabajo, al considerar conductores de aluminio, representa un ahorro de USD 309.908,00

**Palabras Claves:** sistema eléctrico, consumo de energía, red subterránea, cargabilidad de conductores.



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

Latacunga – Ecuador

---

TOPIC: DESIGN AND SIMULATION OF UNDERGROUND ELECTRICAL NETWORK WITH THE APPLICATION OF NEW ECONOMIC TECHNICAL CRITERIA PROMOTED BY THE “EMPRESA ELÉCTRICA AMBATO REGIONAL CENTRO NORTE S.A.” IN THE “CANTON TISALEO” CENTER PROVINCE OF “TUNGURAHUA”, PERIOD 2015

**Author:** Curipoma Díaz Luis R.

## ABSTRACT

The “Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A.” with the goal of abide the dispositions of the Ministry of Electricity and Renewable Energy about the replacement of overhead networks to underground networks, allows to perform the underground network designs in the historic centers of its concession area.

The present work determines the necessary parameters to perform the underground network design, through the review of the actual situation of the electric system, of the “Canton Tisaleo” center.

The process of analysis of the average power consumption of the users, the application of the REA method to determine the coincident maximum demand that will be project for a growth factor.

The coincident maximum demand projected allows determining the transformers capacity 250kVA that is set in the present design.

To apply the new economic technical criteria that determine the EEASA, the underground network is analyzed with aluminum conductors for voltage drop, loadability of conductors ensuring a quality service to the users affected for the underground network. Finally, fulfilling with the values of quality of service that the EEASA provides in its Design Guides, a comparative economic analysis is performed between the copper and aluminum conductors.

Considering the use of the aluminum conductors represent a saving of USD 309.908 in the reference budget of the present paper.

**Keywords:** electric system, power consumption, underground network, loadability of conductors.

## **AVAL DE TRADUCCIÓN**

En calidad de Docente del Idioma Ingles del Centro Cultural de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal CERTIFICO que la traducción del resumen de la tesis al Idioma Ingles presentado por el Egresado **Curipoma Díaz Luis Ricardo** de la Carrera de Ingeniería Eléctrica, de la Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas, cuyo título versa: **“DISEÑO Y SIMULACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE LA RED SUBTERRÁNEA CON LA APLICACIÓN DE NUEVOS CRITERIOS TÉCNICOS - ECONÓMICOS IMPULSADOS POR LA EMPRESA ELÉCTRICA AMBATO REGIONAL CENTRO NORTE S.A. EN EL CENTRO DEL CANTÓN TISALEO PROVINCIA DE TUNGURAHUA, PERIODO 2015”**. Lo realizó bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del idioma.

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

Latacunga, Marzo 2016.

Atentamente.

-----  
**MSc. Pablo S. Cevallos**

C.C. 050259237-1

**DOCENTE DEL CENTRO CULTURAL DE IDIOMAS**

## INTRODUCCIÓN.

La energía eléctrica en el mundo es esencial ya que el desarrollo de los pueblos depende de ella. El suministro de energía eléctrica es de vital importancia para el ser humano, ya que con esto, la vida cotidiana de cada persona se hace comfortable, se desarrolla y promueve el comercio y la industrialización.

Las empresas eléctricas distribuidoras son las encargadas de suministrar el servicio eléctrico a los usuarios dentro de su área de concesión, precautelando la calidad y confiabilidad de servicio.

Al tomar en cuenta las zonas centrales que se encuentran dentro del área de concesión de la EEASA, se puede apreciar que el asentamiento poblacional afecta a las redes de distribución que normalmente son aéreas, disminuyendo la seguridad de las personas y la confiabilidad de servicio por cuanto las redes se encuentran a la intemperie y son más propensas a fallas.

Con la constante misión de brindar un servicio de calidad a los usuarios la EEASA esta implementado el soterramiento de las redes aéreas en centros de ciudades y cantones dentro de su área de concesión.

El presente trabajo pretende realizar el diseño de la red eléctrica subterránea del centro del Cantón Tisaleo Provincia de Tungurahua aplicando nuevos criterios establecidos por la EEASA para el diseño de redes subterráneas y las normativas exigidas por el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable.

# **CAPITULO I**

## **1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA**

### **1.1. SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA.**

El sistema de distribución eléctrica es la parte del sistema de suministro eléctrico cuya función es la de brindar el servicio eléctrico desde la subestación de distribución hacia los usuarios finales.

### **1.2. DISPOSICIÓN DEL MINISTERIO DE ELECTRICIDAD Y ENERGÍA RENOVABLE.**

Debido a las declaraciones realizadas por el Gobierno Nacional sobre la modernización de las redes eléctricas con el fin de conseguir ciudades con lugares turísticos, históricos entre otros, sin contaminación visual por cables aéreos, el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (MEER), emitió el Acuerdo Ministerial N° 211 en el que en sus siguientes artículos dispone que:

Art. 1.- Disponer a cada una de las Empresas Eléctricas del país, que los nuevos diseños y construcciones de redes eléctricas en urbanizaciones y lotizaciones, sean subterráneos, aplicando para el efecto las disposiciones contenidas en la Norma Técnica Homologada de las Unidades de Propiedad y Unidades de Construcción del Sistema de Distribución Eléctrica de Redes Subterráneas, así como las correspondientes políticas, ambas circunstancias emitidas por el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable.

Art. 4.- Dentro de la planificación anual que elabore cada Empresa Eléctrica de Distribución del país, debe considerarse el cambio de redes aéreas a soterradas en:

accesos a ciudades, patrimonios culturales, centros turísticos e históricos, accesos a puertos, aeropuertos, puntos o pasos fronterizos internacionales y lugares que ponen en riesgo la seguridad ciudadana.

Art. 6.- Aquellos proyectos de soterramiento que por su naturaleza no se encuentren dentro del ámbito del presente Acuerdo, deberán sujetarse a las disposiciones internas existentes en cada empresa y a las políticas impartidas por el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable.

### **1.3. ELEMENTOS DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA**

Los principales elementos del sistema de distribución eléctrica son:

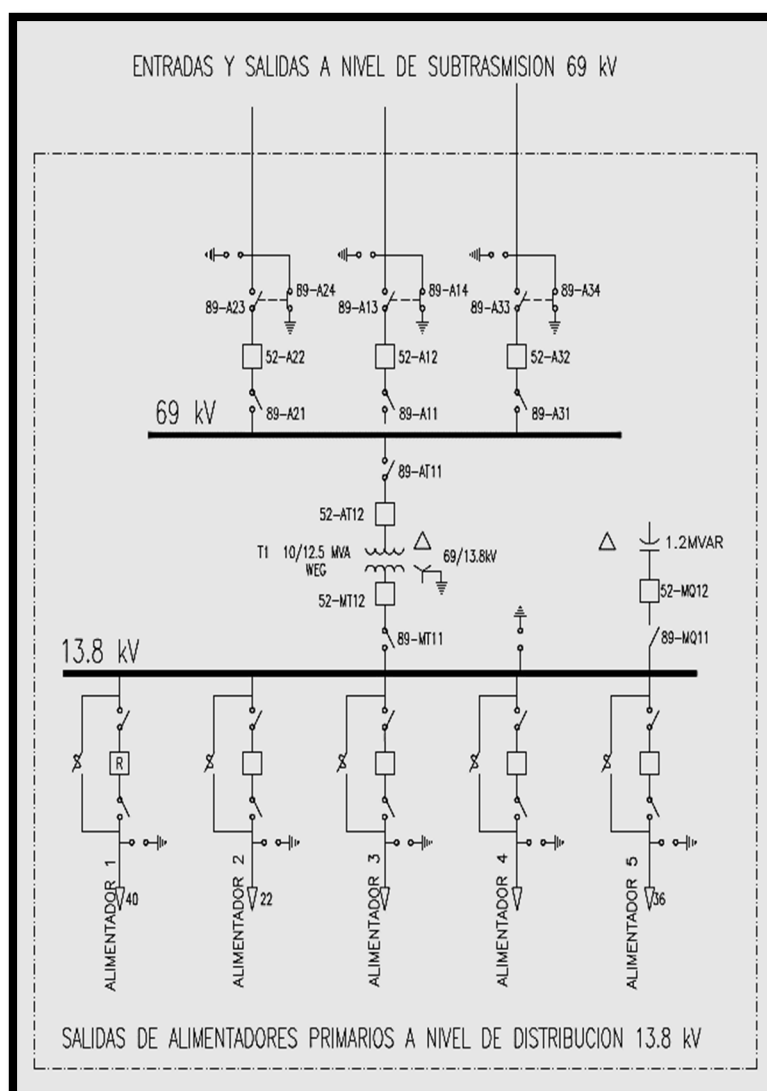
1. Subestación de distribución.
2. Red de distribución primaria.
3. Centro de transformación.
4. Red de distribución secundaria.
5. Red de alumbrado público.
6. Acometidas
7. Medidores.

#### ***1.3.1. Subestación de distribución.***

(Naranjo 2008, p. 20) señala que “con este nombre se designa la transformación del nivel de subtransmisión al nivel de primario de distribución”.

En el área de concesión de la Empresa Eléctrica Ambato los niveles de voltaje que maneja las subestaciones de distribución son de 69 kV a nivel de subtransmisión, reduciendo este voltaje a nivel de alimentadores primarios de distribución que es de 13.8 kV de los cuales se reduce a nivel de usuarios finales, tal como se muestra en la figura N° 1.1.

Figura N° 1.1. SUBESTACIÓN DE DISTRIBUCIÓN



Fuente: Diagramas unifilares EEASA

### 1.3.2. Red de distribución primaria.

(Naranjo 2008, p. 24) indica que “los alimentadores primarios parten de las subestaciones de distribución y sirven a un buen número de transformadores de distribución esparcidos en un área relativamente grande”.

La red de distribución primaria es la encargada de distribuir la potencia que entrega la subestación, a niveles de medio voltaje, 13.8 kV, a los usuarios; por lo

que, los alimentadores primarios deben ser diseñados correctamente, ya que de ellos depende la continuidad de servicio en toda el área que energizan.

### ***1.3.3. Centro de transformación.***

El transformador de distribución es el elemento de la red de distribución primaria encargado de transformar los niveles de medio voltaje, 13.8 kV a niveles de bajo voltaje, teniendo para un sistema trifásico 208/120 V, 220/127 V y 210/121 V, y para un sistema monofásico 120 V a 2 hilos y 240/120 V a 3 hilos.

### ***1.3.4. Red de distribución secundaria***

La red de distribución secundaria inicia en los terminales de bajo voltaje del transformador de distribución y se extiende hasta el punto más lejano donde se requiera proveer el servicio eléctrico a los usuarios, precautelando siempre la calidad de servicio en cuanto a niveles de voltaje, continuidad de servicio.

### ***1.3.5. Alumbrado público.***

(Gil y Minassian 2009, p. 69) indican que “el nivel de iluminación requerido por una vía depende de múltiples factores como son el tipo de vía, la complejidad de su trazado, la intensidad de sistema de control del tráfico y la separación entre carriles a distintos tipo de usuarios”.

El diseño de redes de distribución deberá tomar en cuenta la iluminación de vías públicas, parques y aceras de uso público.

### ***1.3.6. Acometidas.***

Es la instalación que se realiza desde la red de distribución secundaria hacia el medidor de energía, quedando así los usuarios previstos del servicio de energía eléctrica.

### **1.3.7. Medidores.**

Son los equipos encargados de registrar la energía consumida por el usuario en kilovatios hora, kWh.

## **1.4. SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA SUBTERRÁNEA.**

(Ramírez 2004, p. 7) indica que “las redes subterráneas son empleadas en zonas donde por razones de urbanismo, estética, congestión o condiciones de seguridad no es aconsejable el sistema aéreo”.

En la actualidad los sistemas de distribución subterráneos son utilizados en los centros de las ciudades, su construcción es bajo el nivel de la acera y calzada, los centros de transformación se encuentran dentro de cámaras o bóvedas.

Los conductores utilizados son aislados de acuerdo al voltaje de operación y conformados por varias capas aislantes y cubiertas protectoras.

### **1.4.1. Topología del sistema de distribución eléctrica subterránea.**

De acuerdo a Duchicela (2015, p. 9) en su trabajo de investigación señala que “la topología de la red de distribución hace referencia al esquema o método escogido para que la energía se distribuya desde la fuente hasta la carga”.

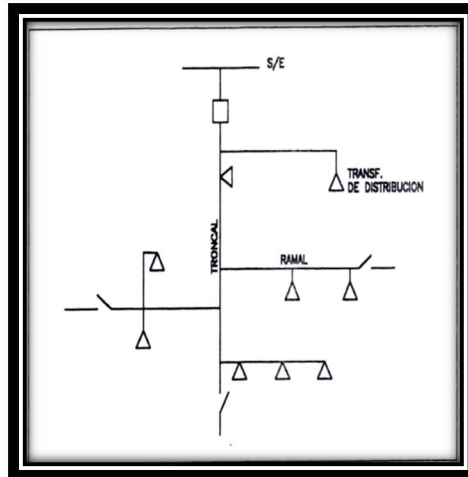
Para el diseño de la red subterránea se escogerá una topología de acuerdo a las necesidades eléctricas del sector donde se vaya a aplicar teniendo en cuenta también el aspecto constructivo de la red.

#### **1.4.1.1. Red radial.**

Esta topología es la más simple ya que la alimentación de energía se realiza por un solo extremo como se indica en la figura N° 1.2, facilitando su implementación,

la confiabilidad que presenta esta topología es baja ya que al presentarse una falla quedaría fuera de servicio todo el alimentador.

Figura N° 1.2. RED RADIAL

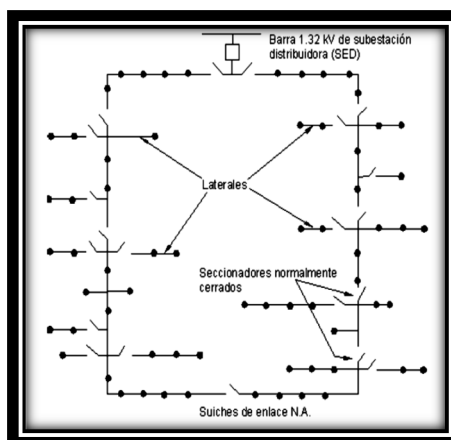


Fuente:(Naranjo 2008, p. 28)

#### 1.4.1.2. Red en anillo abierto.

Este tipo de configuración permite alimentar a la red por dos posibles caminos de energización enlazados por un interruptor normalmente abierto como se muestra en la figura N° 1.3 aumentando la confiabilidad a la red tipo radial ya que al ocurrir una falla en uno de los dos caminos de energización se cierra el interruptor de enlace y se rehabilita el servicio.

Figura N° 1.3. RED EN ANILLO ABIERTO

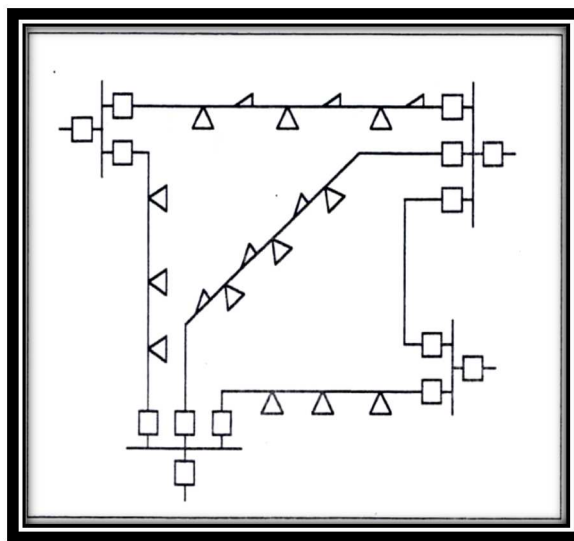


Fuente: (Ramírez 2004, p. 314)

### **1.4.1.3. Red mallada.**

Esta configuración tiene más de un camino de alimentación a la red con la característica de que todos sus caminos están energizados teniendo una alta confiabilidad con respecto a las anteriores configuraciones, teniendo como desventaja su complejidad en la coordinación de protecciones y en su costo de inversión, como se indica en la figura N° 1.4.

Figura N° 1.4. RED MALLADA



Fuente: (Naranjo 2008, p. 29)

## **1.4.2. Parámetros de diseño eléctrico.**

### **1.4.2.1. Muestra.**

Es el conjunto de datos extraídos de una población para analizar las características eléctricas mediante el estudio de su consumo de energía.

### **1.4.2.2. Consumo promedio.**

Es el promedio de energía consumida durante un intervalo de tiempo que comúnmente se establece.

El consumo promedio por mes se determina mediante la ecuación 1.1.

$$\text{Consumo promedio } \left( \frac{kWh}{mes} \right) = \left( \frac{365}{12} \right) \left( \frac{\sum \text{consumo anual}}{12 \text{ meses}} \right) \quad (\text{Ec. 1.1})$$

#### **1.4.2.3. Tasa de crecimiento (Ti).**

(Ramírez 2004, p. 25) indica que “este es uno de los parámetros de diseño cuya determinación requiere el máximo cuidado a fin de evitar la subestimación y la sobrestimación de las demandas futuras”.

La tasa de crecimiento de la demanda en redes de distribución es diferente para cada clase de consumo, es evidente que el aumento de la demanda máxima individual, que es el criterio de diseño, es mayor para una zona de consumo bajo que para una zona de consumo medio o alto.

#### **1.4.2.4. Factor de potencia (fp)**

(Ramírez 2004, p. 27) señala que “es la relación entre la potencia activa y la potencia aparente”, la cual se determina mediante la ecuación 1.2.

$$fp = \cos \phi = \frac{P}{S} \quad (\text{Ec. 1.2})$$

Donde:

- $fp$ , es el factor de potencia.
- $P$ , es la potencia activa.
- $S$ , es la potencia aparente.

La incidencia más importante del factor de potencia es en el porcentaje de pérdidas y en la regulación de voltaje y por lo tanto, en la calidad del servicio eléctrico.

En los sistemas de distribución se fija un valor como mínimo de 0.9 para este factor caso contrario debe ser corregido.

El valor del factor de potencia es muy importante en cuanto a los índices de calidad ya que no debe ser inferior a 0.92 exigido por el ARCONEL.

La potencia aparente indicada en la ecuación 1.2 es la sumatoria de la potencia efectiva o útil y la potencia que no se utiliza de un sistema eléctrico de corriente alterna, la misma que se determina mediante la ecuación 1.3.

$$S = \sqrt{3} \times V \times I \quad (\text{Ec. 1.3})$$

Donde:

- $S$ , es la potencia aparente en kVA.
- $V$ , es el voltaje en kV.
- $I$ , es la corriente en A.

#### **1.4.2.5. Factor de demanda**

Es la relación entre la demanda máxima de un sistema y la capacidad instalada, siendo esta última la suma de todas las potencias de los aparatos conectados.

#### **1.4.2.6. Demanda**

De acuerdo a (Ramírez 2004, p. 21), “es la capacidad de potencia que un consumidor utilizada en cualquier momento (variable en el tiempo). El periodo durante el cual se toma el valor medio se denomina intervalo de demanda”

La duración que se fije a este intervalo de tiempo va a depender del tipo de demanda que se desee conocer, así por ejemplo, si se quiere encontrar la demanda para aplicarla a un transformador o cable este periodo será de 10 a 15 minutos.

#### **1.4.2.7. Demanda máxima.**

Es el valor más alto de demanda que se registra en un intervalo de tiempo, ya sea un registro diario, semanal, mensual, anual, etc.

#### **1.4.2.8. Demanda Máxima Coincidente (DMC).**

Es el valor máximo de demanda que en un intervalo de tiempo es suministrada por la red para los usuarios de la misma.

Este parámetro es la base para realizar el cálculo de la Demanda Máxima Coincidente proyectada (DMCp) mediante la ecuación 1.4.

$$DMCp = DMC \times \left(1 + \frac{Ti}{100}\right)^t \quad (\text{Ec. 1.4})$$

Donde:

- $DMCp$ , es la demanda máxima unitaria coincidente.
- $DMC$ , es la demanda máxima unitaria coincidente.
- $Ti$ , es la tasa de crecimiento.
- $t$ , es el periodo de tiempo para la proyección.

#### **1.4.3. Estimación de la demanda**

(Campoverde y Sánchez 2012, p. 62) en su trabajo de investigación señalan que “existen diversos métodos para la estimación de la demanda a nivel de transformadores de distribución”.

Entre los principales factores que utilizan para los métodos son:

- Información histórica de la zona de estudio.
- Área de construcción por cliente.
- Consumo mensual promedio por cliente

#### **1.4.3.1. Método REA (Rural Electrification Administration)**

Este método determina la demanda máxima coincidente en función del número de abonados y el consumo específico en kWh/mes mediante la ecuación 1.5.

$$DMC = AxB \quad (\text{Ec. 1.5})$$

Donde:

- $DMC$ , es la demanda máxima coincidente.

El factor A es el factor de kWh el cual indica la tendencia en el factor de carga al presentarse un mayor consumo y se determina mediante la ecuación 1.6.

$$A = 0.005925 \times Ce^{0.885} \quad (\text{Ec. 1.6})$$

Donde:

- $Ce$ , es el consumo específico (promedio mensual en kWh de los clientes).

El factor B es el factor del consumidor el cual refleja una mejora en la diversidad debido al incremento en el número de consumidores y se determina mediante la ecuación 1.7.

$$B = c(1 - 0.4 \times c + 0.4 \times \sqrt{c^2 + 40}) \quad (\text{Ec. 1.7})$$

Donde:

- $c$ , es el número de clientes.

#### **1.4.4. Capacidad del centro de transformación.**

El centro de transformación se refiere a la capacidad del transformador de distribución, el cual en el sistema de distribución subterránea se encuentra bajo el nivel del suelo acomodados en cámaras o bóvedas y se calcula mediante la ecuación 1.8.

$$DD = DMCp + Ap + Ce \quad (\text{Ec. 1.8})$$

Donde:

- $DD$ , es la demanda de diseño para el centro de transformación en kVA.
- $DMCp$ , es la demanda máxima coincidente proyectada en kVA.
- $Ap$ , es la demanda de alumbrado público en kVA.
- $Ce$ , son las cargas especiales (cocinas de inducción) en kVA.

(EEASA 2011a, p. 15) establece que “para establecer la capacidad del transformador de distribución, se escogerá la capacidad nominal estándar superior más próxima a la obtenida”.

Una vez determinada la demanda y la capacidad del centro de transformación se escoge la capacidad del transformador estándar de la tabla N° 1.1.

Tabla N° 1.1. CAPACIDAD DE TRANSFORMADORES

VOLTAJE NOMINAL		N. DE FASES	POTENCIA NOMINAL (kVA)
MV (kV)	BV (V)	3	15, 30, 45, 50, 60, 75, 90, 100, 112,5, 125, 150, 167, 200, 250, 300, 350, 400, 500, 600, 750.
13.8	220/127		
	210/121		
	208/120		

Fuente: (MEER 2013b, p. 14)

#### 1.4.4.1. Cámaras de transformación.

De acuerdo a (EEASA 2011b, p. 10), “las cámaras de transformación son lugares donde se encuentra el transformador y todos los accesorios para medio y bajo voltaje”.

Es por esto que se debe considerar un buen diseño estructural y de seguridad para evitar accidentes en estos lugares donde solo gente capacitada técnicamente puede ingresar.

#### 1.4.4.2. Malla de puesta a tierra.

(Márquez 1990, p. 11) señala que “la unión eléctrica, con la tierra, de una parte de un circuito eléctrico o de una parte conductora no perteneciente al mismo, se efectúa mediante una instalación de puesta a tierra”

Las mallas de puesta a tierra se establecen como medio de protección para las personas que entren en contacto con un circuito eléctrico.

(MEER 2013a, p. 30) indica que “la resistencia de la malla de puesta a tierra medida de la cámara debe ser menor o igual 5 ohmios”

Para el diseño de la malla a tierra se considera la resistividad del terreno en donde se va a realizar la cámara de transformación mediante la ecuación 1.9.

$$\rho = \frac{4\pi aR}{1 + \frac{2a}{\sqrt{a^2+4b^2}} - \frac{a}{\sqrt{a^2+b^2}}} \quad (\text{Ec. 1.9})$$

Donde:

- $\rho$ , es la resistividad del terreno en  $\Omega$ -m.
- $R$ , es la resistencia del terreno  $\Omega$ .
- $a$ , es la distancia entre electrodos m.
- $b$ , es la profundidad de los electrodos m.

(MEER 2013a, p. 30) señala que “la malla de puesta a tierra se debe construir antes de fundir el piso destinado a la cámara. Esta será construida con cable desnudo de cobre suave #2/0 AWG”

La longitud del conductor que cubrirá la malla de puesta a tierra se determina mediante la ecuación 1.10.

$$L = (A \times n) + (B \times m) \quad (\text{Ec. 1.10})$$

Donde:

- $A, B$ , son los lados de la malla en m.
- $n$ , es el número de filas de la malla.
- $m$ , es el número de columnas de la malla.

Para determinar la resistencia de la malla de puesta a tierra se utiliza la ecuación 1.11.

$$R = 0.443\rho \left( \frac{1}{\sqrt{Ay}} + \frac{1}{L} \right) \quad (\text{Ec. 1.11})$$

Donde:

- $\rho$ , es la resistividad del terreno ( $\Omega\text{-m}$ )
- $R$ , es la resistencia del terreno ( $\Omega$ )
- $Ay$ , es el área de la malla ( $\text{m}^2$ ).
- $L$ , es la longitud total del conductor (m).

#### ***1.4.5. Alimentadores primarios***

(Duchicela 2015, p.18) en su trabajo de investigación indica que “en términos de construcción, la ruta de los circuitos primarios deberá ser establecida siguiendo el camino de longitud mínima entre los centros de transformación y en lo posible, utilizando los mismos puntos de cruce bajo las calzadas que los circuitos secundarios”.

#### ***1.4.6. Circuitos secundarios.***

Los circuitos secundarios en una red de distribución subterránea se realizarán con los criterios que se utilizan en el diseño de redes aéreas, con la característica de que los conductores deben ser aislados y precautelando los límites sobre caída de voltaje.

Estos circuitos son los encargados de enlazar los transformadores con las acometidas a niveles de bajo voltaje a los diferentes usuarios.

#### **1.4.7. Caídas de voltaje.**

Es la diferencia entre el voltaje a lado de la fuente y el lado de la carga en cualquier lado de la red expresada en porcentaje.

El cálculo de las caídas de voltaje viene relacionado con la carga total, el tipo de conductor y su longitud mediante la Ecuación 1.12.

$$\Delta V\% = \frac{kVA_T \times (r \cos\theta + x \sin\theta) \times L \times 10}{N_f \times kV_{fn}^2} \quad (\text{Ec. 1.12})$$

Donde:

- $kVA_T$ , es la carga total en kVA.
- $kV_{fn}$ , voltaje fase neutro en kV.
- $N_f$ , número de fases.
- $\Delta V\%$ , caída de voltaje en porcentaje.
- $r, x$ , resistencia y reactancia del conductor por unidad de longitud en  $\Omega/\text{km}$ .
- $L$ , longitud del tramo en km.

##### **1.4.7.1. Normativa EEASA para caídas de voltaje.**

- a) Redes primarias.

Para la red primaria, el límite de caída de voltaje deberá ser impuesto por la EEASA, en función de las condiciones de operación de los alimentadores y de las previsiones desarrolladas para el planeamiento del sistema de distribución a nivel de primario. Como referencia general, el límite máximo de caída de voltaje considerado desde el punto de salida de la subestación hasta el transformador más alejado, no deberá exceder los límites indicados en la tabla N° 1.2.

Tabla N° 1.2. LÍMITES DE CAÍDA DE VOLTAJE EN REDES PRIMARIAS

ZONA	PORCENTAJE (%)
Urbana	3,5
Rural	5

Fuente:(EEASA 2011a, p. 9)

b) Redes Secundarias.

La caída de voltaje admisible en el punto más alejado, con la demanda de diseño considerada y la fuente de alimentación ubicada preferentemente en el centro de la carga, no deberá exceder para la red secundaria los límites indicados en la tabla N° 1.3.

Tabla N° 1.3. LÍMITES DE CAÍDA DE VOLTAJE EN REDES SECUNDARIAS

ZONA	PORCENTAJE (%)
Urbana	3,5
Rural	5

Fuente:(EEASA 2011a, p. 9)

c) Acometidas.

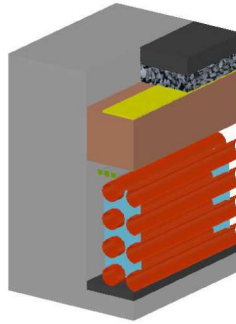
El límite máximo para caída de voltaje en acometidas en ningún caso deberá exceder el 1%, tomando en cuenta como un máximo de 6 usuarios por cada acometida.

## 1.5. CANALIZACIÓN.

### 1.5.1. Banco de ductos.

Los bancos de ductos es el conjunto de tuberías por donde se realiza el tendido de la red subterránea para medio voltaje, bajo voltaje, alumbrado público y las acometidas a los usuarios como se indica en la figura N° 1.5.

Figura N° 1.5. BANCO DE DUCTOS



Fuente: (MEER 2013a, p. 7)

(MEER 2013a, p. 2) indica que “para conservar una distancia uniforme entre ductos se deberán utilizar separadores y que la separación mínima horizontal y vertical entre ductos de un mismo banco será de 5 cm, independiente del diámetro de tubería y del nivel de voltaje empleado”.

El número de ductos dependerá de las redes que alojen cada uno de ellos y serán enterrados en zanjas que dependiendo de la geografía del lugar donde se realicen serán bajo calzada o acera.

Según (MEER 2011, p. 4) indica que “el ancho de ésta debe ser tal, que permita colocar la plantilla, hacer el acoplamiento sin dificultad y compactar el relleno”

El ancho de la zanja donde se alojarán los ductos para el tendido de la red se determina mediante la ecuación 1.13.

$$Bd = N \times D + (N - 1)e + 2x \quad (\text{Ec. 1.13})$$

Donde:

- $Bd$ , es el ancho de la zanja en m.
- $N$ , es el número de ductos en sentido horizontal.
- $D$ , es el diámetro exterior de ducto en mm.
- $e$ , es el espacio entre ductos mínimo 5 cm.
- $x$ , es la distancia entre la tubería y la pared de la zanja mínimo 10 cm.

El diámetro de los ductos dependerá de del calibre del conductor utilizado en el tendido de las redes los mismo que se indican en la tabla N° 1.4.

Tabla N° 1.4. CARACTERÍSTICAS DE DUCTOS

CALIBRE DEL CONDUCTOR (AWG o kcmil)	VOLTAJE (kV)	DIÁMETRO DEL DUCTO (mm)
1/0, 2/0, 3/0, 4/0, 250, 300, 350, 500	35	160
2, 1/0, 2/0, 3/0, 4/0, 250, 300, 350	15-25	110
500	15-25	160
4, 2, 1/0, 2/0, 3/0, 4/0	0,6	110
6, 4, 2, 1/0	0,6	50

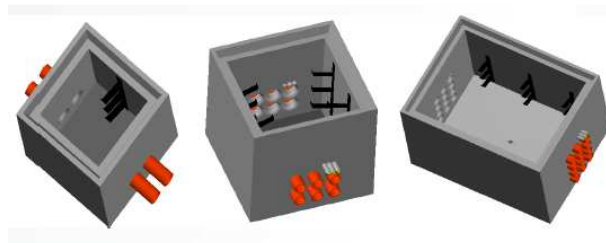
Fuente: (MEER 2013a, p. 6)

La profundidad de la zanja dependerá del lugar donde se realice la excavación, siendo 0.6 m para zanjas bajo acera y 0.8 m para zanjas bajo calzada.

### 1.5.2. Pozos.

Los pozos son los elementos que forman parte de la canalización que sirven para facilidad de instalación y tendido de conductores de la red subterránea los mismos que se aprecian en la figura N° 1.6.

Figura N° 1.6. CÁMARA DE TRANSFORMACIÓN



Fuente: (MEER 2013a, p. 8)

(Duchicela 2015, p. 15) en su trabajo de investigación indica que “los pozos son el lugar donde confluyen los ductos que forman parte de la infraestructura subterránea, son cuadrangulares, son construidos de hormigón armado con acceso

en su parte superior, la base es de material granular con la finalidad de que drene el agua proveniente del exterior”

Las dimensiones de los pozos están establecidas en las homologaciones del MEER, dimensiones que se indican en la tabla N° 1.5.

Tabla N° 1.5. CARACTERÍSTICAS DE POZOS

TIPOS	LARGO (m)	ANCHO (m)	PROFUNDIDAD (m)	APLICACIÓN
A	0,60	0,60	0,75	AP-ACOMETIDA
B	0,90	0,90	0,90	MV-BV-AP
C	1,20	1,20	1,20	MV-BV-AP
D	1,60	1,20	1,50	MV-BV-AP
E	2,50	2,00	2,00	MV-BV-AP

Fuente: (MEER 2013a, p. 8)

Las dimensiones pueden variar y ajustarse dependiendo del número de ductos a instalarse y del espacio físico donde se instalara el pozo

## 1.6. PROGRAMA DE COCCIÓN EFICIENTE.

De acuerdo a (MEER 2014, p. 1) “el gobierno se planteó el objetivo de sustituir el uso del GLP por electricidad para la cocción de alimentos y el calentamiento de agua en el sector residencial, utilizando energía generada localmente mediante fuentes mayoritariamente limpias y renovables para cambiar la matriz energética nacional”

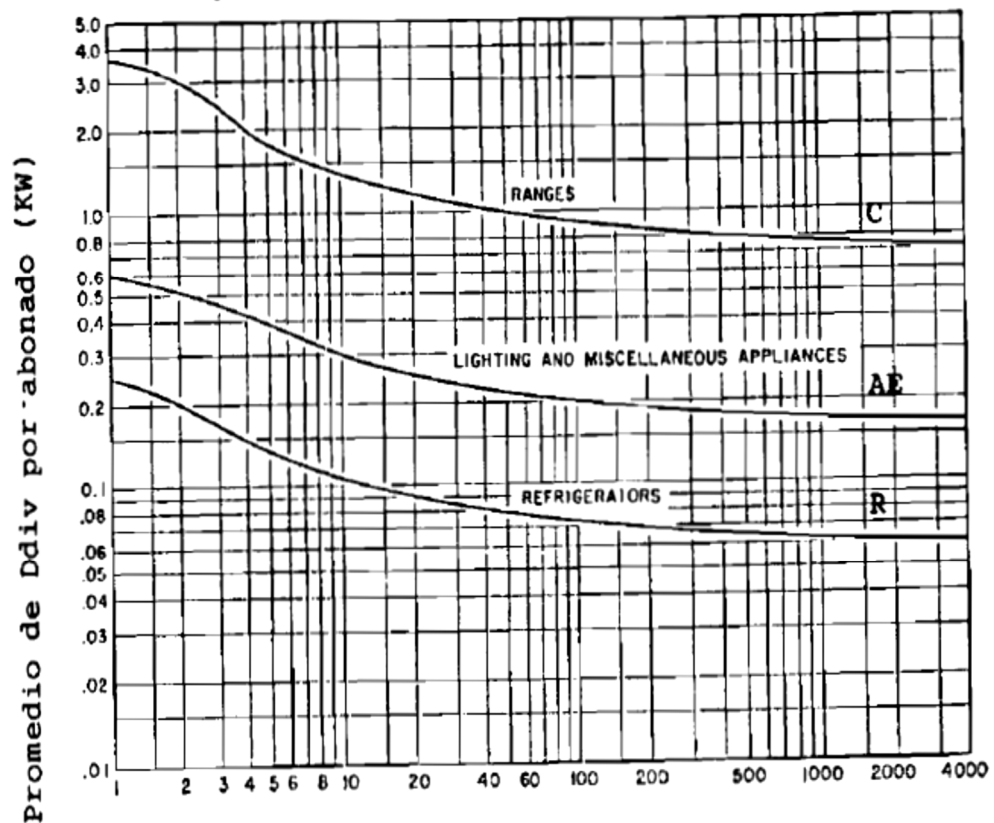
La sustitución del GLP por electricidad para la cocción de alimentos y calentamiento de agua, afectará directamente a las redes eléctricas por el aumento de demanda que las cocinas implican, por lo que se debe tomar en cuenta este antecedente a la hora de realizar los rediseños de redes y más aún en los nuevos diseños.

### 1.6.1. Demanda de cocinas de inducción.

(Muyulema 2015, p. 1) en su artículo señala que “es necesario pronosticar la demanda de energía de un grupo de usuarios de manera que se pueda involucrar un análisis con la diversidad de productos y potencias”

La alternativa usada para la determinación del incremento de demanda por las cocinas de inducción se basa en la curva “Ranges” extraída de la Westinghouse la cual se aprecia en la figura N° 1.7.

Figura N° 1.7. CURVAS DE WESTINGHOUSE



Fuente: (Vizuet 1998, p. 93)

Al analizar los datos de la curva se traza el factor de coincidencia y se proyecta la función potencial para encontrar la tendencia y así obtener la ecuación 1.14 del factor de coincidencia en función del número de usuarios para cocinas de inducción.

$$f_{c(n)} = 0.741 \times n^{-0.262} \quad (\text{Ec. 1.14})$$

Donde:

- $n$ , es el número de usuarios.

A partir del número de usuarios residenciales de un centro de transformación se determina el factor de coincidencia, para luego seleccionar la demanda de cocción individual y determinar la demanda de cocción para el grupo de usuarios mediante la Ecuación 1.15.

$$DMC_{(kW)} = 0.6 \times n \times f_{c(n)} \times P_{CI} \times fd \quad (\text{Ec. 1.15})$$

Dónde:

- $n$ , es el número de usuarios.
- $f_{c(n)}$ , factor de coincidencia para (n).
- $P_{CI}$ , potencia nominal de la cocina en kW.
- $fd$ , factor de demanda 80%

Para analizar la demanda de las cocinas de inducción también es necesario conocer los parámetros eléctricos con los cuales va a funcionar la cocina de inducción, los cuales se especifican en Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 101 “Artefactos Electrodomésticos para Cocción por Inducción” y se aprecian en la tabla N° 1.6.

Tabla N° 1.6. CARACTERÍSTICAS DE LAS COCINAS DE INDUCCIÓN

ÍTEM	VALOR	UNIDAD
FRECUENCIA	60	Hz
VOLTAJE	220	V
FP	0,98	

Fuente: (RTE-101 2014)

Con estos datos se transforma la demanda de cocción de kW a kVA.

## 1.7. PROGRAMAS DE SIMULACIÓN.

### 1.7.1. *DIALux*

Figura N° 1.8. LOGO DIALux



Fuente: (DIAL 2015)

DIALux es un software gratuito de DIAL que permite crear proyectos de iluminación profesionales. Este software está siendo utilizado por miles de diseñadores de iluminación en todo el mundo, y facilita la tarea de diseñar sistemas de iluminación tanto para interiores como exteriores.

Con DIALux, puede crear de manera sencilla e intuitiva proyectos de iluminación. El software DIALux posibilita un análisis cuantitativo sencillo de un proyecto, y además cuenta con una funcionalidad sencilla de renderización 3D, lo cual es muy útil para cálculos de iluminación interior, exterior y vial.

#### 1.7.1.1. *Características*

- Crear muy fácilmente proyectos de iluminación eficaz y profesional.
- Datos actualizados de luminarias de los fabricantes líderes a nivel mundial.
- Software actualizado y técnicamente novedoso siempre disponible gratuitamente.
- Evaluación energética en un abrir y cerrar de ojos.
- Escenas de luz de color con LED o con otras luminarias con cambio de color.

### **1.7.1.2. Datos.**

Para hacer que la aplicación funcione es preciso, por lo tanto, cargar los catálogos informatizados proporcionados por los fabricantes que se han ido incorporando al proyecto DIALux. Es posible descargar los diferentes catálogos a través de la dirección [www.Dial.de](http://www.Dial.de) y entrar en el árbol de PlugIns/Catálogos.

### **1.7.1.3. Catálogos On-Line**

DIALux 4.12 ofrece la oportunidad de cargar catálogos On Line para poder trabajar en cada momento con una determinada lámpara y luminaria.

Según el fabricante, es posible seleccionar un tipo determinado de lámpara y luminaria sin necesidad de cargar completamente todo el catálogo. Con esta opción de On Line, lo único que se carga es el enlace de la aplicación con la base de datos del fabricante donde se dispone de la información que se precisa.

### **1.7.1.4. Output**

Cuando se sigue la ruta "Archivo", "Configuraciones", "Opciones", "General" y "Output" permite configurar el formato de presentación de los documentos que integran Output.

- Unidades de medida.

Pulsando sobre la pestaña de Globales, aparece la ventana donde es posible especificar las diferentes unidades de medida.

- Visualización de datos.

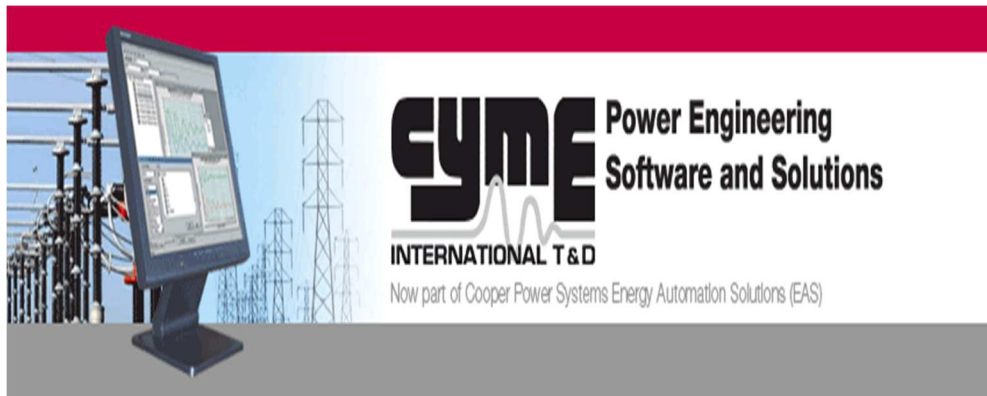
Gran parte de los outputs del proyecto, solo se muestran una vez efectuado el cálculo.

- Impresión.

Una vista previa de impresión le permite contemplar en la pantalla los outputs que serán impresos.

### 1.7.2. CYME

Figura N° 1.9. LOGO PROGRAMA CYME



Fuente: (CYME 2015).

El programa CYME para el análisis de redes eléctricas, es una serie robusta y completa de herramientas de simulación especializadas en redes eléctricas de transporte, distribución e industriales. CYME fue diseñado para ayudar a los ingenieros a afrontar los retos complejos y emergentes de la planificación y explotación de redes eléctricas.

El desarrollo continuo del programa CYME lo convierten en una herramienta precisa y de gran fiabilidad. La interfaz unificada y clara del programa CYME vuelve muy sencillas las complejas funciones de los cálculos en el cuadro de cualquier proyecto.

Cubre un amplio espectro de análisis que permiten realizar simulaciones en cualquier configuración de red. Por ejemplo: flujo de potencia, cortocircuito, estabilidad transitoria, armónicos, análisis de contingencias, análisis de riesgos por relámpago de arco, arranque de motor, coordinación de los dispositivos de protección, cálculo de la intensidad máxima admisible en cables de potencia con

funciones sofisticadas, el diseño y análisis de redes de tierra, y la creación/mantenimiento de modelos de red de distribución.

El programa CYME permite modelar en detalle cualquier red de distribución, de transporte o industrial. La creación de redes equilibradas o desequilibradas, de redes secundarias, de subestaciones, de redes imbricadas, de configuración radial o mallada, monofásica, bifásica o trifásica es totalmente soportada y puede representarse de forma esquemática o geográfica. Para lograr una representación de la red aún más realista, las funcionalidades de modelación están respaldadas por bibliotecas de equipos normalizados de la industria y de control que el usuario puede mejorar.

La representación gráfica de los componentes de red y la presentación de los resultados en etiquetas y reportes puede construirse y modificarse de modo a satisfacer el nivel de detalle requerido. Tal personalización es posible gracias a una extensa colección de palabras claves que se puede extraer de los datos sobre los equipos y ajustes hacia los diferentes resultados de simulación.

A la base de los algoritmos de CYME, están las tecnologías innovadoras de ingeniería y las prácticas y normas de la industria.

#### **1.7.2.1. *Cymdist.***

El programa de análisis de redes de distribución Cymdist, permite realizar varios tipos de estudios en sistemas equilibrados o desequilibrados, monofásicos, bifásicos o trifásicos, con configuración radial, en anillo o mallada. El programa CYMDIST incluye un editor completo de redes y las funciones siguientes:

- Flujo de potencia balanceado y desbalanceado
- Análisis exhaustivo de fallas
- Balance de cargas
- Distribución y evaluación de cargas

- Ubicación óptima de condensadores

CYMDIST fue diseñado para realizar estudios de planeamiento y simular el comportamiento de las redes de distribución en distintas condiciones de funcionamiento y distintos escenarios. Incluye varias funciones incorporadas necesarias para el planeamiento, la explotación y el análisis de las redes de distribución.

Las funciones de análisis de flujo de carga, cortocircuito y optimización de la configuración eléctrica pueden ejecutarse en sistemas de distribución equilibrados o desequilibrados, con diferentes combinaciones de fases y configuraciones.

#### ***1.7.2.2. Características.***

El simulador CYMDIST nos ayuda en nuestros estudios de redes con la realización de las siguientes funciones:

- Flujo de carga.
- Cálculo de cortocircuito.
- Dimensionamiento y ubicación óptima de condensadores.
- Balance, distribución y evaluación de cargas.
- Análisis armónico.
- Configuración óptima de la red.
- Administrador avanzado de proyectos y Planificador de redes.
- Modelación de la generación distribuida.
- Análisis dinámico a largo plazo.
- Análisis de confiabilidad (Predictiva e histórica).
- Análisis de contingencias simples con restablecimiento.
- Modelación de subestaciones y de subredes.
- Análisis de redes secundarias malladas.
- Evaluación de riesgos por relámpago de arco.
- Coordinación de dispositivos de protección.

### ***1.7.2.3. Reportes.***

El programa ofrece varios modelos de reportes para todo tipo de análisis. Se puede combinar o crear nuevos reportes, utilizar cualquier variable del programa CYMDIST, crear sus propias expresiones matemáticas usando cualquier variable, se puede exportar a Microsoft Excel los resultados de los reportes, además permite definir los resultados de los análisis en reportes Web.

## **CAPITULO II**

### **2. RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS**

#### **2.1. EMPRESA ELÉCTRICA AMBATO REGIONAL CENTRO NORTE S.A.**

La Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A. (EEASA) fue constituida el 29 de abril de 1959. Actualmente como Presidente Ejecutivo el Ing. Jaime Astudillo Ramírez.

El edificio principal de la EEASA actualmente se encuentra ubicado en Av. 12 de Noviembre y Espejo, en el Cantón Ambato Provincia de Tungurahua.

Su área de concesión está comprendida por las provincias de Tungurahua, Pastaza, Morona Santiago y Napo, actualmente está a cargo de la administración de la provincia de Bolívar.

##### ***2.1.1. Misión.***

“Suministrar Energía Eléctrica, con las mejores condiciones de calidad y continuidad, para satisfacer las necesidades de los clientes en su área de concesión, a precios razonables y contribuir al desarrollo económico y social.”

##### ***2.1.2. Visión***

"Constituirse en empresa líder en el suministro de energía eléctrica en el país."

### ***2.1.3. Objetivos.***

- Disponer de recursos humanos capacitados, motivados y comprometidos con los objetivos constitucionales.
- Practicar una gestión gerencial moderna, dinámica, participativa, comprometida en el mejoramiento continuo.
- Disponer de un sistema eléctrico confiable, utilizando tecnología adecuada.
- Tener procesos automatizados e integrados.

### ***2.1.4. Sistema organizacional.***

La organización de la EEASA está formada por departamentos encargados de controlar cada una de las etapas de distribución.

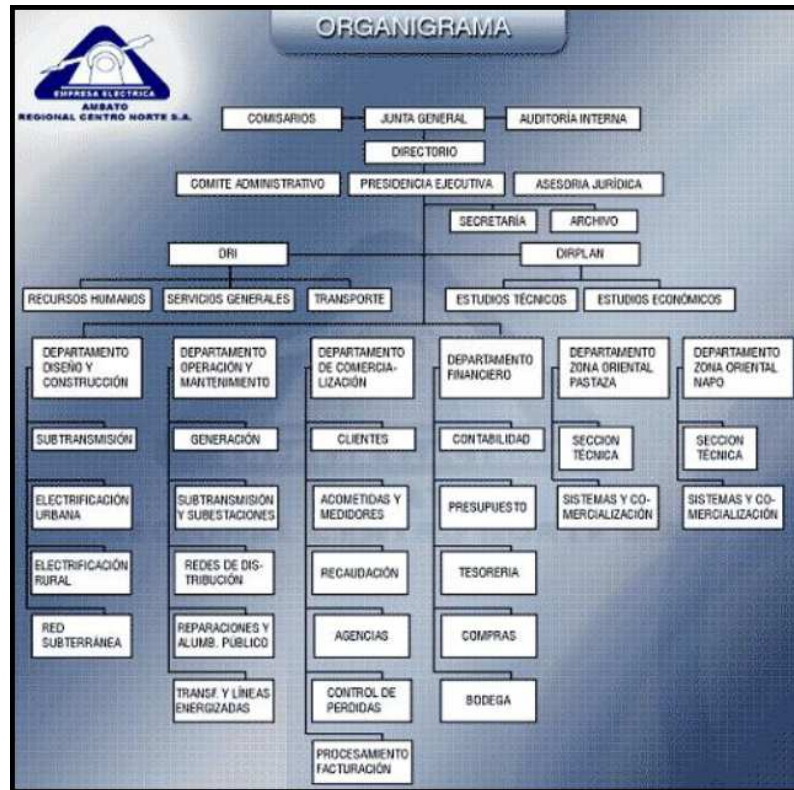
Estos departamentos están constituidos de acuerdo a su función, como son de planificación, operación y mantenimiento, diseño y construcción, comercial y alumbrado público.

Cada departamento está dividido en secciones las cuales se encargan de las etapas de subtransmisión, subestaciones, distribución y alumbrado.

El trabajo mancomunado ha dado lugar a que EEASA sea catalogada como Distribuidora Clase “A”, lo que implica que la empresa junto con sus departamentos se encuentre en constante mejora.

La estructura total de la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A. se muestra en la figura N° 2.1.

Figura N° 2.1. ORGANIGRAMA EEASA.



Fuente: Pagina Web («INICIO | Empresa Eléctrica Ambato» [sin fecha])

## 2.2. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.

### 2.2.1. Niveles de la investigación

#### 2.2.1.1. Investigación exploratoria

(Namakforoosh 2000, p. 30) menciona que “la investigación exploratoria es útil para, incrementar el grado de conocimiento del investigador respecto al problema, descifrar conceptos es decir captar una perspectiva general del problema”

Se aplicará este nivel de investigación para aumentar el conocimiento acerca del objeto de estudio y ampliar el panorama respecto al problema.

### **2.2.1.2. Investigación descriptiva**

(Salkind 2006, p. 56) menciona que “el propósito de la investigación descriptiva es describir la situación prevaleciente en el momento de realizarse el estudio”

Con este nivel de investigación se describirá lo más relevante de la situación eléctrica del Cantón Tisaleo.

### **2.2.1.3. Investigación explicativa**

(Mercado 2009, p. 65) menciona que “la investigación explicativa tiene carácter predictivo cuando se propone pronosticar la realización de ciertos efectos. Tiene carácter correctivo cuando se propone estimular, atenuar o estimular los efectos”

Con este nivel de investigación se analizará los resultados de la simulación de la red eléctrica ya que si no son los favorables se corregirá el sistema hasta lograr los resultados esperados

## **2.2.2. Métodos**

### **2.2.2.1. Método hipotético – deductivo**

Es el procedimiento o camino que sigue el investigador para hacer de su actividad una práctica científica. El método hipotético-deductivo tiene varios pasos esenciales: observación del fenómeno a estudiar, creación de una hipótesis para explicar dicho fenómeno, deducción de consecuencias o proposiciones más elementales que la propia hipótesis, y verificación o comprobación de la verdad de los enunciados deducidos comparándolos con la experiencia.

Este método permitirá realizar la observación del problema, plantearnos la hipótesis y la deducción de resultados obtenidos.

### **2.2.2.2. Método experimental**

En este método el investigador interviene sobre el objeto de estudio modificando a esta directa o indirectamente para crear las condiciones necesarias que permitan revelar sus características fundamentales y sus relaciones esenciales, ya sea:

- Aislando al objeto y las propiedades que estudia de la influencia de otros factores
- Reproduciendo el objeto de estudio en condiciones controladas

Este método se aplicará en la simulación del sistema ya que es necesario manipular las variables de la red para esperar los resultados esperados.

## **2.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS**

### **2.3.1. Observación.**

Es una técnica que consiste en observar atentamente el fenómeno, hecho o caso, tomar información y registrarla para su posterior análisis.

Con esta técnica se analizarán los datos eléctricos y estructurales que se tienen para el diseño de la red subterránea.

Los instrumentos que se van a utilizar en esta técnica son:

- Registros.- se analizarán los registros que tiene la EEASA sobre el consumo de los clientes que están dentro del sector del proyecto.
- Mapas.- se utilizarán los mapas de información eléctrica contenidos en el ArcGIS de la empresa y el Geoportal en el internet.

- Diagramas.- se analizarán los diagramas eléctricos sobre las configuraciones actuales en el área del proyecto.

### ***2.3.2. El experimento.***

Es una técnica con la que se intenta comprobar la hipótesis bajo condiciones supervisadas de cerca por el investigador controlando directamente las variables que influyen en el estudio.

Esta técnica se utilizará para manejar las variables que influyen en el diseño eléctrico de la red.

Los instrumentos que se utilizarán en esta técnica son:

- EXCEL.- es la herramienta informática que se utilizara para realizar todos los cálculos necesarios para el diseño eléctrico variando las variables hasta obtener los resultados esperados.
- CYMDIST.- es el programa de simulación que ayudara a comprobar los resultados obtenidos en los cálculos matemáticos con el fin de obtener los mejores índices de calidad en el diseño de la red subterránea.
- DIALux.- es el programa de simulación que ayudara a realizar el diseño fotométrico del área de estudio

## **2.4. HIPÓTESIS.**

El análisis de la demanda de sistema eléctrico actual permitirá realizar el diseño y simulación de la red eléctrica subterránea aplicando nuevos criterios técnicos-económicos impulsados por la EEASA en el centro del Cantón Tisaleo Provincia de Tungurahua, periodo 2015.

### 2.4.1. Variables de investigación.

Variable Independiente (VI).- Análisis de la demanda del sistema eléctrico actual.

Variable Dependiente (VD).- Diseño y simulación de la red eléctrica subterránea aplicando nuevos criterios técnicos-económicos.

## 2.5. OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

### 2.5.1. Operacionalización variable independiente

Análisis de la demanda del sistema eléctrico actual.

CONCEPTUALIZACIÓN	INDICADORES	UNIDADES	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
El análisis de la demanda se refiere al levantamiento de carga del sistema actual para tomarlo de referencia para la nueva demanda de diseño.	Levantamiento de carga	Kilovatios (kW)	Registros de consumo.
	Número de usuarios	Kilovatios hora (kWh)	ArcGIS
	Consumo promedio por usuario.	Porcentaje (%)	Geoportal.
	Tipo de clientes.		Excel
	Tasa de crecimiento		

### 2.5.2. Operacionalización variable dependiente

Diseño y simulación de la red eléctrica subterránea aplicando nuevos criterios técnicos-económicos.

CONCEPTUALIZACIÓN	INDICADORES	UNIDADES	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
Consiste en la determinación de cada uno de los parámetros que se tomaran en cuenta para el diseño de la red eléctrica subterránea.	Estimación y proyección de la demanda.	Kilovatios (kW)	EXCEL
	Niveles fotométricos de alumbrado publico	Lúxes (lux)	DIALux
	Capacidad de transformadores.	Kilovoltamperios (kVA)	CYMDIST
	Caídas de voltaje	Voltaje (V)	
	Cargabilidad de conductores.	Amperios (A)	

### 2.6. DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.

En coordinación con el Departamento de Diseño y Construcción, DISCON, se ha establecido el Cantón Tisaleo como escenario para realizar el diseño de la red subterránea.

El Cantón Tisaleo pertenece a la Provincia de Tungurahua, se encuentra aproximadamente a 13 Km de la ciudad de Ambato.

Una vez escogido el lugar en donde se va a realizar el proyecto se delimitará el área de estudio AE, la misma que se encuentra circunscrita dentro del centro del

Cantón Tisaleo, la cual con la ayuda del GAD Municipal Tisaleo se acordó que el AE estará constituida de 12 manzanas delimitadas por las calles José Naranjo, Antonio Clavijo, República, Real Audiencia y 20 de Octubre la cual se indica en la figura N° 2.2.

Figura N° 2.2. DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO



Fuente: GAD Municipal Tisaleo

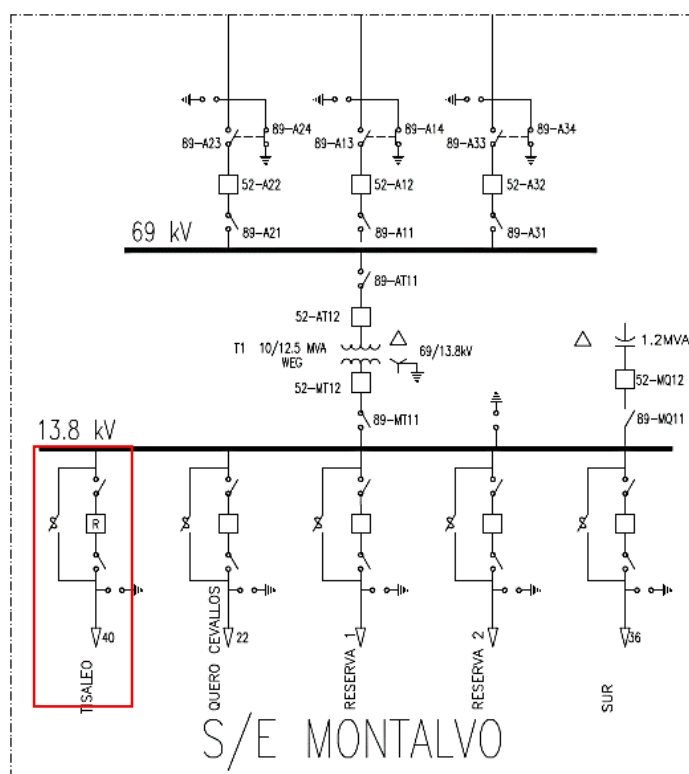
## 2.7. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO ACTUAL DEL ÁREA DE ESTUDIO.

Actualmente el área de estudio se alimenta a nivel de voltaje de 13.8 kV mediante el alimentador Tisaleo, construido con conductor ASCR 4/0 configurado con 3 Fases 3 Conductores, que atraviesa todo el centro del Cantón de donde se alimentan los transformadores de distribución instalados en el mismo.

A partir de los transformadores de distribución se derivan las redes de bajo voltaje a partir de las cuales se derivan las acometidas a los medidores de energía a los diferentes usuarios

El alimentador Tisaleo sale de la Subestación Montalvo como se lo aprecia en la figura N° 2.3.

Figura N° 2.3. DIAGRAMA UNIFILAR SUBESTACIÓN MONTALVO



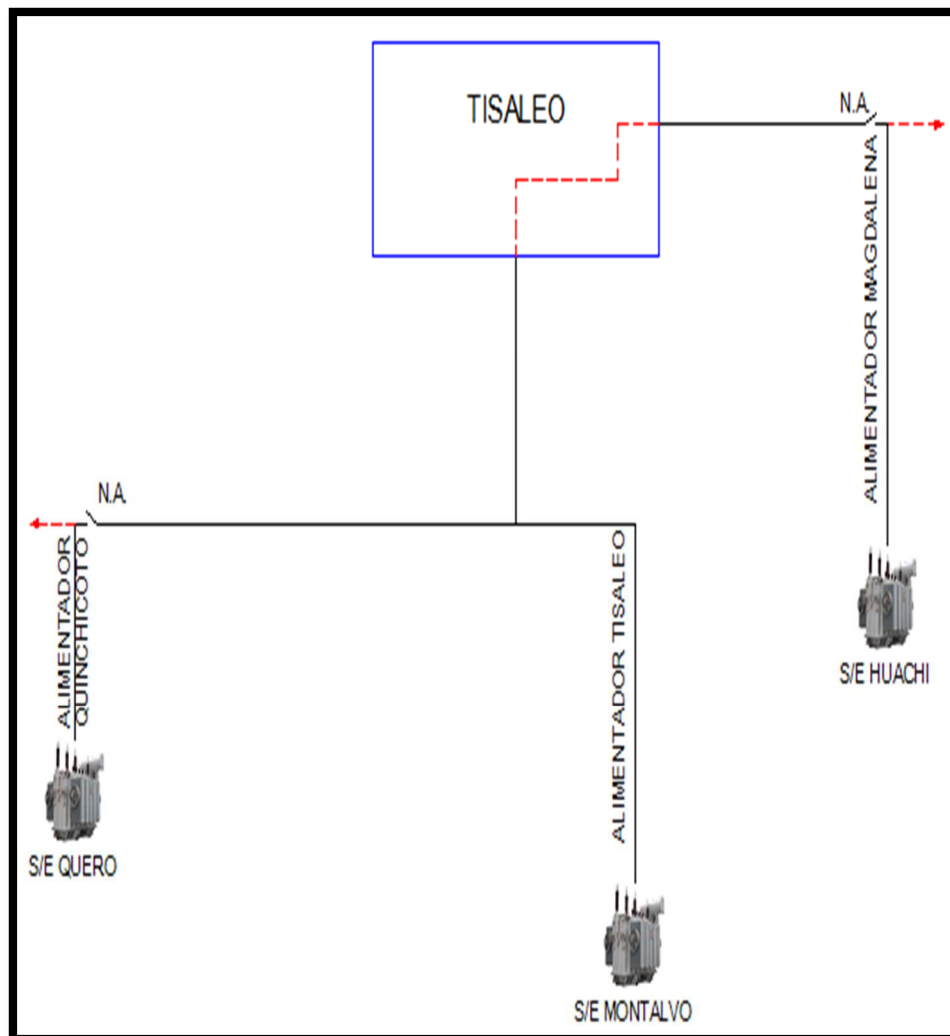
Fuente: EEASA

El alimentador Tisaleo que sale de la Subestación Montalvo tiene la alternativa, en caso de contingencia, de conectarse mediante un interruptor a la altura de San Luis, el cual permanece normalmente abierto, al alimentador Magdalena de la Subestación Huachi.

Otra alternativa que se tiene para energizar el alimentador Tisaleo es mediante un interruptor que se encuentra normalmente abierto a la altura de Santa Lucia el cual conecta al alimentador Quinchicoto de la Subestación Quero.

Dichas alternativas se muestran en la figura N° 2.4.

Figura N° 2.4. ALIMENTACIÓN DEL CANTÓN TISALEO



Fuente: El Autor

Con lo anteriormente expuesto, el sistema actual tiene una alta confiabilidad ante contingencias, ya que la topología es en anillo abierto, dando la facilidad de mantenimiento e instalación de equipos sin desenergizar las redes con la utilización de seccionadores normalmente abiertos que permiten la energización de las redes desde distintos puntos de conexión.

El alimentador Tisaleo energiza dentro del área de estudio a 10 transformadores de distribución con una potencia total de 325 kVA indicados en la tabla N° 2.1.

Tabla N° 2.1. TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN INSTALADOS

	NÚMERO	TIPO	POTENCIA kVA
1	5411	Trifásico	50
2	7160	Trifásico	30
3	5697	Trifásico	30
4	5406	Trifásico	50
5	8166	Trifásico	30
6	1640	Trifásico	45
7	9981	Monofásico	25
8	6195	Monofásico	15
9	5533	Monofásico	25
10	10904	Monofásico	25
<b>TOTAL</b>			<b>325</b>

Fuente: El Autor

### 2.7.1. Tipos de usuarios

La EEASA establece tipos de tarifas para cada usuario según la actividad que realice, con el fin de diferenciar los consumos de cada uno de los usuarios y realizar un análisis real del comportamiento de la demanda en el sector.

Las tarifas que se encuentran en el área de estudio son de varios tipos, ya que se tienen residencias, locales comerciales, pequeños talleres industriales, entidades públicas como el GAD Municipal de Tisaleo, instituciones de asistencia social, unidades educativas, el mercado, iglesia y el parque central.

Para cada uno los estamentos existentes se designan un tipo de tarifas indicadas en la tabla N° 2.2.

Tabla N° 2.2. TIPOS DE TARIFAS

ÍTEM	TARIFA
1	RESIDENCIAL
2	COMERCIAL SIN DEMANDA
3	INDUSTRIAL ARTESANAL
4	ASISTENCIA SOCIAL SIN DEMANDA
5	BENEFICIO PUBLICO SIN DEMANDA
6	RESIDENCIAL-PROGRAMA PEC
7	OFICIAL SIN DEMANDA
8	OFICIAL CON DEMANDA
9	CULTO RELIGIOSO BAJO VOLTAJE
10	INDUSTRIAL CON DEMANDA BAJO VOLTAJE
11	DISCAPACITADOS-RESIDENCIAL

Fuente: El Autor

Por motivos de análisis y cálculos se establece para el presente trabajo 3 conjuntos de categorías, las cuales son:

- Residencial.
- Comercial.
- Especial.

Cada una de las categorías recoge a cierto tipo de tarifas tomando en cuenta la relación del comportamiento del consumo de cada una de ellas en el área de estudio.

En la tabla N° 2.3 se indican los tipos de tarifas que fueron escogidas para cada una de las categorías establecidas.

Tabla N° 2.3. TIPOS DE USUARIO POR CATEGORÍA.

CATEGORÍA		
RESIDENCIAL	COMERCIAL	ESPECIAL
RESIDENCIAL	COMERCIAL SIN DEMANDA	INDUSTRIAL ARTESANAL
RESIDENCIAL-PROGRAMA PEC		ASISTENCIA SOCIAL SIN DEMANDA
DISCAPACITADOS-RESIDENCIAL		BENEFICIO PUBLICO SIN DEMANDA
		OFICIAL SIN DEMANDA
		OFICIAL CON DEMANDA
		CULTO RELIGIOSO BAJO VOLTAJE
		INDUSTRIAL CON DEMANDA BAJO VOLTAJE

Fuente: El Autor

## 2.8. ESTUDIO DE LA DEMANDA ACTUAL.

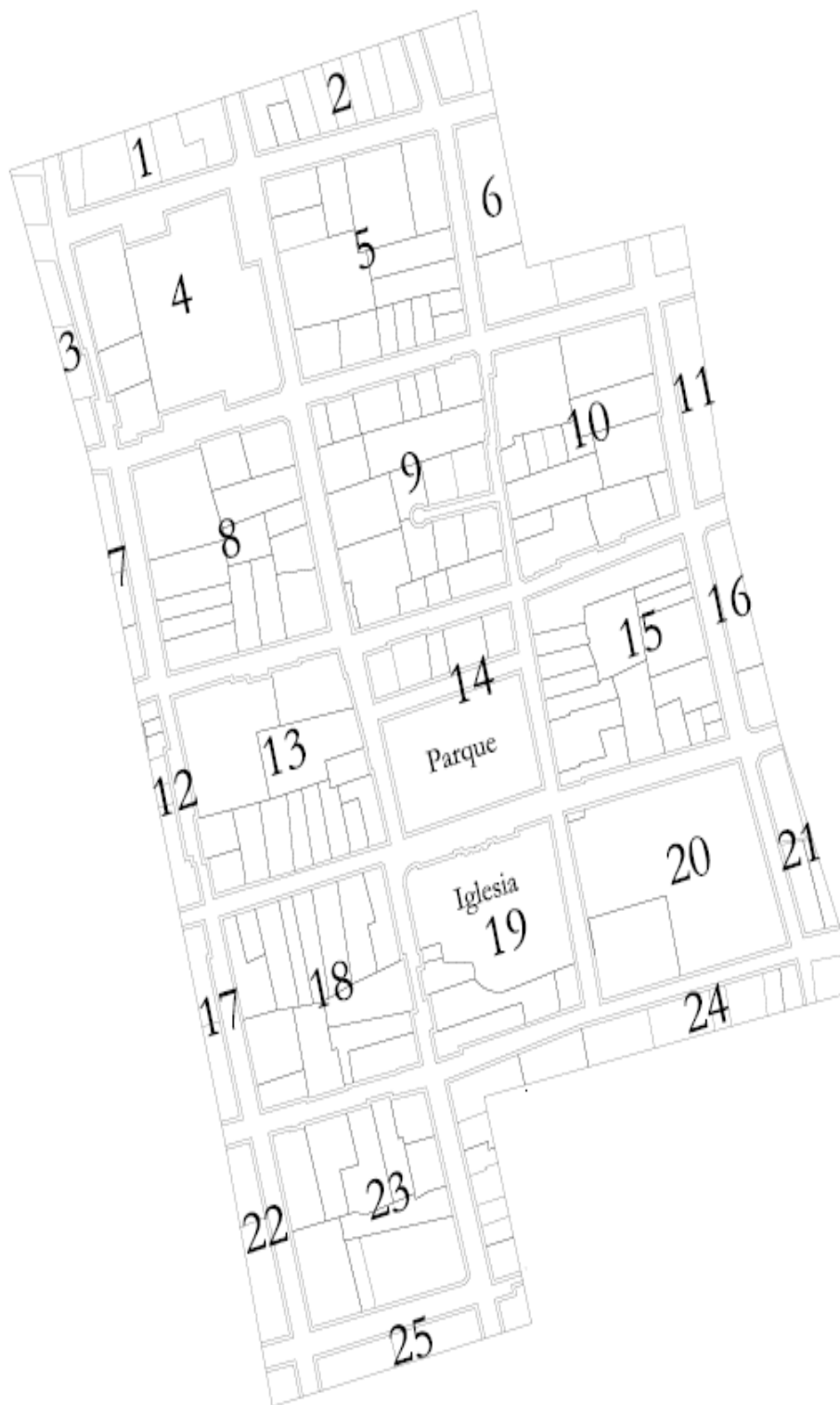
Para realizar el estudio de la demanda dentro del área de estudio se solicitó al Departamento Comercial DC de la EEASA los datos de consumo de los clientes dentro del área y su consumo mensual del último año, los mismos que se aprecian en el anexo N° 1.

Una vez obtenida la base de datos proporcionada por la EEASA, se procedió a realizar un recorrido por el área de estudio para identificar los números de cuenta de los medidores de cada uno de los usuarios dentro de la zona.

Con esta información se realizó la depuración de la base datos hasta lograr una nueva base donde consten solo los usuarios que estén dentro del área de estudio con su respectivo consumo.

Para un mejor análisis de la base de datos de los usuarios del área de estudio se identificó las manzanas numerándolas dentro del área, tomando en cuenta que se considerará los usuarios de las manzanas aledañas que formen parte del área de estudio, como lo indica la figura N° 2.5.

Figura N° 2.5. NUMERACIÓN DE MANZANAS DEL AE



Fuente: El Autor

Conjuntamente con la base de datos y la identificación de las manzanas se identificarán el número de usuarios que intervendrán en el diseño, analizando el número de usuarios por manzana, como se indica en la tabla 2.4.

Tabla N° 2.4. NÚMERO DE USUARIOS POR MANZANA

<b>MANZANA</b>	<b># USUARIOS</b>
1	5
2	7
3	4
4	2
5	14
6	3
7	2
8	31
9	16
10	13
11	1
12	3
13	16
14	10
15	23
16	3
17	2
18	20
19	10
20	3
21	6
22	3
23	12
24	10
25	1
<b>TOTAL</b>	<b>220</b>

Fuente: El Autor

Al tener el número usuarios por manzana y a partir de la base de datos proporcionada por el departamento comercial de la EEASA se analizaron para cada manzana los números de clientes según la categoría de tarifa establecida

anteriormente, con el propósito de saber que tarifa es la que predomina en el área de estudio, como se indica en la tabla 2.5.

Tabla N° 2.5. TIPO DE CLIENTES POR MANZANA

MANZANA	NÚMERO CLIENTES		
	RESIDENCIAL	COMERCIAL	ESPECIAL
1	4	1	0
2	7	0	0
3	4	0	0
4	1	0	1
5	7	4	3
6	3	0	0
7	0	0	2
8	18	13	0
9	12	3	1
10	11	1	1
11	1	0	0
12	3	0	0
13	11	0	5
14	5	3	2
15	10	9	4
16	3	0	0
17	2	0	0
18	14	5	1
19	7	0	3
20	1	0	2
21	4	2	0
22	3	0	0
23	8	0	4
24	9	1	0
25	0	0	1
<b>TOTAL</b>	<b>148</b>	<b>42</b>	<b>30</b>

Fuente: El Autor

Con el análisis anterior se deduce que la tarifa que predomina en el área de estudio para el diseño de la red subterránea es la tarifa residencial así como lo indica en la figura N° 2.6, teniendo en cuenta que por disposiciones gubernamentales en los nuevos diseños a los usuarios residenciales se les debe incluir el incremento de demanda por cocinas de inducción.

Figura N° 2.6. PORCENTAJE DE TARIFAS EN EL ÁREA DE ESTUDIO



Fuente: El Autor

Al establecer el número de usuarios por tarifa en cada manzana del área de estudio, se procede a realizar el análisis por consumo para cada manzana y por categoría, lo que ayudará a establecer un estudio con el comportamiento de cada una de las tarifas establecidas.

Los consumos por tipos de categorías en cada manzana se muestran en la tabla N° 2.6.

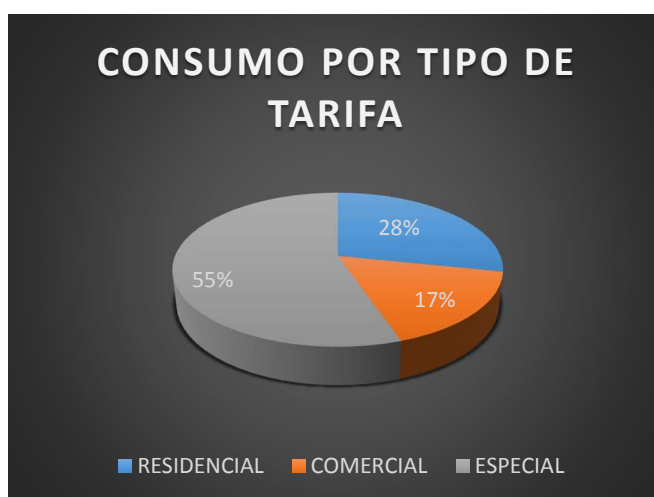
Tabla N° 2.6. CONSUMO POR TIPO DE CLIENTES

MANZANA	TIPO DE CLIENTE		
	RESIDENCIAL (kWh)	COMERCIAL (kWh)	ESPECIAL (kWh)
1	187,07	151,83	0,00
2	164,17	0,00	0,00
3	83,48	0,00	0,00
4	6,75	0,00	33,50
5	78,58	291,79	362,00
6	145,56	0,00	0,00
7	0,00	0,00	82,75
8	98,60	130,40	0,00
9	73,34	142,78	1183,33
10	89,68	193,92	260,58
11	431,77	0,00	0,00
12	118,31	0,00	0,00

13	76,91	0,00	147,16
14	430,38	257,20	1188,77
15	106,53	259,53	471,44
16	79,47	0,00	0,00
17	134,08	0,00	0,00
18	121,00	191,93	377,50
19	98,38	0,00	198,47
20	126,75	0,00	255,96
21	46,96	83,58	0,00
22	116,36	0,00	0,00
23	55,55	0,00	445,29
24	115,60	35,83	0,00
25	0,00	0,00	823,00
<b>TOTAL</b>	<b>2985,28</b>	<b>1738,79</b>	<b>5829,75</b>

Fuente: El Autor

Figura N° 2.7. CONSUMO POR TIPO DE TARIFA



Fuente: El Autor

Como se muestra en la figura N° 2.7 el mayor consumo que se tiene en el área de estudio es el de tipo especial por lo que el estudio de la demanda se lo realizará considerando los tipos de clientes.

Los datos de consumo por tipo de clientes encontrados anteriormente servirán de consumo específico para la aplicación del método de la REA.

## 2.9. APLICACIÓN DEL MÉTODO REA.

Al tener el consumo específico de cada manzana dentro del área de estudio se procede a aplicar el método de la REA para determinar la demanda máxima coincidente en kW aplicando las ecuaciones 1.5, 1.6 y 1.7.

$$DMC = Ax B$$

$$A = 0.005925 \times Ce^{0.885}$$

Donde:

$Ce$  = Valores en kWh de cada manzana.

$$B = c \left( 1 - 0.4 \times c + 0.4 \times \sqrt{c^2 + 40} \right)$$

Para un mejor entendimiento de la aplicación de la metodología, se procede a realizar un ejemplo de cálculo para la demanda máxima coincidente de una de las manzanas del área de estudio.

Para el cálculo se tomará la manzana N° 5, ya que la misma está conformada por los tres tipos de clientes como se indica en la tabla N° 2.7.

Tabla N° 2.7. DATOS MANZANA N° 5

MANZANA	TIPO DE CLIENTES					
	RESIDENCIAL		COMERCIAL		ESPECIAL	
	N° USUARIOS	CONSUMO (kWh)	N° USUARIOS	CONSUMO (kWh)	N° USUARIOS	CONSUMO (kWh)
5	7	78,58	4	291,79	3	362

Fuente: El Autor

Con los datos de la manzana N° 5 se procede a aplicar las ecuaciones del método de la REA para cada tipo de clientes.

- Clientes residenciales

El factor A es calculado utilizando el consumo específico de 78.58 kWh.

$$A = 0.005925 \times C e^{0.885}$$
$$A = 0.005925 \times (78.58)^{0.885}$$
$$A = 0.28$$

El factor B es calculado utilizando el número de clientes residenciales en la manzana N° 5.

$$B = c \left( 1 - 0.4 \times c + 0.4 \times \sqrt{c^2 + 40} \right)$$
$$B = 7 \times \left( 1 - 0.4 \times 7 + 0.4 \times \sqrt{7^2 + 40} \right)$$
$$B = 13.82$$

Al multiplicar el factor A y el factor B se obtiene la demanda máxima coincidente en kW.

$$DMC1 = A \times B$$
$$DMC1 = 0.28 \times 13.82$$
$$DMC1 = 3.89 \text{ kW}$$

- Clientes comerciales.

El factor A es calculado utilizando el consumo específico de 291.79 kWh.

$$A = 0.005925 \times C e^{0.885}$$
$$A = 0.005925 \times (291.79)^{0.885}$$
$$A = 0.90$$

El factor B es calculado utilizando el número de clientes comerciales en la manzana N° 5.

$$B = c \left( 1 - 0.4 \times c + 0.4 \times \sqrt{c^2 + 40} \right)$$

$$B = 4 \times \left(1 - 0.4 \times 4 + 0.4 \times \sqrt{4^2 + 40}\right)$$

$$B = 9.57$$

Al multiplicar el factor A y el factor B se obtiene la demanda máxima unitaria en kW.

$$DMC2 = AxB$$

$$DMC2 = 0.90 \times 9.57$$

$$DMC2 = 8.62 \text{ kW}$$

- Clientes especiales.

El factor A es calculado utilizando el consumo específico de 362 kWh.

$$A = 0.005925 \times Ce^{0.885}$$

$$A = 0.005925 \times (362)^{0.885}$$

$$A = 1.90$$

El factor B es calculado utilizando el número de clientes especiales en la manzana N° 5.

$$B = c \left(1 - 0.4 \times c + 0.4 \times \sqrt{c^2 + 40}\right)$$

$$B = 3 \times \left(1 - 0.4 \times 3 + 0.4 \times \sqrt{3^2 + 40}\right)$$

$$B = 7.80$$

Al multiplicar el factor A y el factor B se obtiene la demanda máxima unitaria en kW.

$$DMC3 = AxB$$

$$DMC3 = 1.90 \times 7.80$$

$$DMC3 = 8.50 \text{ kW}$$

Una vez determinada la demanda máxima coincidente para cada tipo de cliente se procede a sumar cada una para determinar la demanda máxima coincidente total de la manzana, la misma que al aplicar un factor de potencia de 0.92 se obtendrá la demanda máxima coincidente en kVA.

$$DMC1 + DMC2 + DMC3 = 3.89 + 8.62 + 8.50 = 21.01 \text{ kW}$$

$$DMC = \frac{kW}{FP} = \frac{21.01}{0.92} = 22.83 \text{ kVA}$$

De esta manera la demanda máxima coincidente de la manzana N° 5 es 22.83 kVA.

En el anexo N° 2 se indican los valores calculados por el procedimiento anterior, aplicado para el resto de las manzanas en el área de estudio, mismos que son el punto de partida para el dimensionamiento de los equipos.

Después de determinar la demanda máxima coincidente de toda el área de estudio se obtiene una demanda total de 278.84 kVA, lo que representa un 86% de la capacidad instalada la cual es de 325 kVA, lo que significa que la capacidad instalada abastece a la demanda actual llegando al límite ante un crecimiento de la demanda.

## **2.10. PROYECCIÓN DE LA DEMANDA**

La proyección de la demanda se realiza aplicando a la demanda del sistema actual, valor calculado en el apartado anterior, una tasa de crecimiento por el tiempo que se diseña la red subterránea.

### ***2.10.1. Tasa de crecimiento***

La tasa de crecimiento se la determinará tomando en cuenta el desarrollo de infraestructura que puede ser construida dentro del área de estudio.

El área de estudio se encuentra lotizada y concentrada de infraestructura, por lo que se descarta un crecimiento horizontal, es decir lotizaciones destinadas a urbanizaciones.

A pesar de que el área de estudio se encuentra concentrada de infraestructura, existen aún lotes baldíos los cuales se tomarán en cuenta para establecer la tasa de crecimiento para la demanda eléctrica puesto que, esta depende directamente del crecimiento poblacional.

Tomando en cuenta lo anterior expuesto se establece que el área de estudio tiene aproximadamente 114728 m<sup>2</sup>, el área de lotes baldíos es aproximadamente 5070.5 m<sup>2</sup> lo que al relacionar con el área total del proyecto da como resultado un porcentaje de crecimiento del 4.5%.

Considerando la manera de aplicar los índices de crecimiento por parte de la EEASA, se establece que el 2.25% será la tasa de crecimiento para los 10 primeros años y 2.25% para los 10 siguientes años, por lo que el periodo para la proyección de la demanda es de 20 años

### ***2.10.2. Demanda máxima coincidente proyectada.***

La demanda máxima coincidente proyectada es determinada al afectar la tasa de crecimiento a la demanda máxima coincidente actual mediante la ecuación 1.4.

$$DMCp = DMC \times \left(1 + \frac{Ti}{100}\right)^t$$

Para la demostración de cálculo se tomara la manzana N° 5, como en el ejemplo anterior, cuya demanda actual es de 22.83 kVA. Al aplicar las tasas de crecimiento se tiene:

- Para los 10 primeros años

$$DMCp = DMC \times \left(1 + \frac{Ti}{100}\right)^t$$

$$DMCp = 22.83 \times \left(1 + \frac{2.25}{100}\right)^{10}$$

$$DMCp = 28.52 \text{ kVA}$$

- Para los 10 siguientes años.

Con la demanda máxima coincidente proyectada para los 10 primeros años se procede a determinar la demanda máxima coincidente para los siguientes 10 años.

$$DMCp = DMC \times \left(1 + \frac{Ti}{100}\right)^t$$

$$DMCp = 28.52 \times \left(1 + \frac{2.25}{100}\right)^{10}$$

$$DMCp = 35.63 \text{ kVA}$$

Realizado este análisis se tiene que la demanda máxima coincidente proyectada para la manzana N° 5 es de 35.63 kVA.

Aplicando la misma metodología para todas las manzanas del área de estudio se determina que la demanda máxima coincidente proyectada total para 20 años es de 435.13 kVA

Los datos de la demanda máxima coincidente proyectada para cada manzana se aprecian en el anexo N° 3.

## 2.11. VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS.

Partiendo de la hipótesis planteada y con el análisis e interpretación de los datos obtenidos, después de analizar la demanda del sistema eléctrico actual se verifica la hipótesis como verdadera ya que los resultados de dicho análisis nos dan un factor de crecimiento del 4.5 % con el que se determina la demanda total proyectada, a 20

años, la cual es de 435.13 kVA que es la demanda inicial de diseño y a la que tenemos que incrementar la demanda de cocinas de inducción y alumbrado público según los criterios de diseño que se realice para determinar la capacidad de los centros de transformación.

## **CAPITULO III**

### **3. PROPUESTA**

#### **3.1. TEMA.**

“Diseño y simulación del sistema eléctrico de la red subterránea con la aplicación de nuevos criterios técnicos – económicos impulsados por la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A. en el Centro del cantón Tisaleo Provincia de Tungurahua, periodo 2015”

#### **3.2. PRESENTACIÓN.**

Los Sistemas de Distribución de Energía Eléctrica están conformados por redes de medio voltaje (MV) y bajo voltaje (BV) aéreas y subterráneas, siendo las redes aéreas las más utilizadas debido a su menor costo y fácil mantenimiento, sin embargo, las redes aéreas por estar a la intemperie son más vulnerables a sufrir una falla eléctrica disminuyendo así la confiabilidad del sistema de distribución.

El incremento poblacional implica que las empresas eléctricas distribuidoras tienen que reestructurar sus redes, a fin de proveer el servicio eléctrico a nuevos usuarios en el sector, lo que implica el crecimiento de infraestructura en las redes de distribución eléctrica afectando al espacio físico en los centros de las ciudades reduciendo la seguridad de la ciudadanía debido al fácil contacto de las instalaciones eléctricas provocando además un desfavorable impacto visual a la belleza arquitectónica del lugar.

El Ministerio de Electricidad y de Energías Renovables, MEER dispuso que las Empresas Eléctricas de Distribución deben realizar el soterramiento de las redes aéreas en los centros históricos y lugares de concentración de asentamiento de la población con el fin de garantizar el bienestar social, la seguridad de las personas, la protección del ambiente y potencializar la belleza cultural y arquitectónica de nuestras ciudades.

Por lo que la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A., EEASA está impulsando los proyectos de reemplazo de las redes aéreas por redes subterráneas en los centros históricos y de mayor población en su área de concesión, por lo que para el presente proyecto se ha tomado el Centro del Cantón Tisaleo Provincia de Tungurahua.

### **3.3. OBJETIVOS.**

#### **3.3.1. General.**

Determinar los parámetros de diseño de la red subterránea mediante el análisis del sistema eléctrico actual dando cumplimiento a la disposición del MEER acerca del soterramiento de redes aéreas con el fin de rescatar la belleza arquitectónica en el centro del Cantón Tisaleo Provincia de Tungurahua

#### **3.3.2. Específicos.**

- Analizar la demanda actual del sistema eléctrico del centro del Cantón Tisaleo mediante el método de la REA.
- Analizar los parámetros de diseño de las redes subterráneas.
- Realizar el diseño de iluminación de alumbrado público.
- Garantizar técnica y económicamente la utilización de conductores de aluminio para el diseño de la red subterránea en el centro del Cantón Tisaleo.

### **3.4. JUSTIFICACIÓN.**

Las empresas eléctricas distribuidoras tienen la obligación de proveer el servicio eléctrico a todos los usuarios que lo soliciten, precautelando que el nuevo diseño del servicio sea de calidad y que el crecimiento de infraestructura eléctrica no afecte a la integridad de las personas.

Con el pasar del tiempo el crecimiento de la población en los centros de las ciudades ha hecho que se incremente la infraestructura eléctrica aérea, con el fin de proveer el servicio eléctrico a todos los usuarios sin tomar en cuenta el impacto visual que este incremento causa a la belleza arquitectónica de los centros históricos de las ciudades, por lo que se opta por el soterramiento de las redes aéreas para así potencializar la belleza arquitectónica y garantizar la seguridad de las personas en el centro de las ciudades.

La Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A. con el fin de acatar las disposiciones del Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (MEER), sobre el reemplazo de las redes aéreas por redes subterráneas, conjuntamente con el GAD Municipal Tisaleo dieron total apertura para realización del presente proyecto sobre el diseño y simulación de la red subterránea del centro del Cantón Tisaleo.

Con la realización de este proyecto se busca resaltar la belleza arquitectónica del centro del Cantón eliminando la aglomeración de líneas eléctricas en el exterior y a la vista de todos, beneficiando a todos los habitantes ya que se impulsaría de mejor manera el comercio y el turismo en el sector

La aplicación de nuevos criterios de diseño a ser aplicados en las redes subterráneas impulsados por la EEASA busca el ahorro económico en lo que se refiere al uso eficiente de materiales precautelando que el servicio eléctrico sea de calidad.

### **3.5. DESARROLLO DE LA PROPUESTA.**

En un proyecto de esta naturaleza uno de los trabajos más delicados es la selección de los sitios para ubicar los centros de transformación, debido a que por ser el centro del Cantón se encuentra gran densidad de infraestructura, reduciendo los espacios posibles para los centros de transformación.

Hay que tener en cuenta que los lugares seleccionados serán permanentes, por tal motivo deben ocasionar la mínima distorsión al aspecto estético del conjunto urbanístico del lugar, dar facilidad de mantenimiento para el personal de la EEASA y que facilite el ingreso de conductores a la cámara.

### **3.6. UBICACIÓN DE LOS CENTROS DE TRANSFORMACIÓN.**

Para la ubicación de los centros de transformación se tomó en cuenta la infraestructura del área de estudio, dando prioridad al parque central donde se encuentra además edificios de carácter público como el edificio antiguo del I. Municipio de Tisaleo, el nuevo edificio del GAD Municipal de Tisaleo.

Se consideró las posibles alternativas para la ubicación de los centros de transformación tomando en cuenta que la demanda que abastecerá cada transformador este dentro de los límites de cargabilidad del mismo, tomando en cuenta la demanda máxima proyectada, la demanda de las cocinas de inducción y la demanda de alumbrado público el cual para el presente estudio se considerará como nuevo.

Tomando en cuenta las consideraciones anteriormente descritas, en este trabajo se seleccionaron 3 centros de transformación que cubrirán toda el área en estudio

La elección de los centros de transformación es factible puesto que, se estandariza la capacidad de los transformadores a valores homologados, se cumple

con los límites de caídas de voltaje y la demanda proyectada se distribuye a valores casi similares.

La estandarización de la capacidad de los transformadores ayuda a mantener las mismas características de accesorios y conductores para todos los centros de transformación.

Una vez determinado el número de centros de transformación se analizará el espacio físico de las aceras de las diferentes alternativas donde estarían ubicados los centros de transformación.

Dichas ubicaciones se puede apreciar en el anexo N° 4.

### **3.7. CALCULO DE LA DEMANDA DE DISEÑO.**

La demanda de diseño se la determina a partir de la demanda máxima coincidente proyectada considerando el incremento de la demanda por cocinas de inducción y alumbrado público mediante la ecuación 1.8.

$$DD = DMCp + Ap + Ce$$

#### ***3.7.1. Demanda máxima coincidente proyectada.***

Los valores de la demanda máxima coincidente proyectada se toman de los resultados obtenidos con el cálculo realizado en la sección 2.10.2 del capítulo II. La misma que se encuentra proyectada a 20 años, considerando el factor de crecimiento del 4.5%.

#### ***3.7.2. Alumbrado público.***

El diseño de la red subterránea se encarga de rescatar la belleza arquitectónica del sitio, para lo cual es primordial tener una buena iluminación de las vías de

circulación, por lo que se hace necesario el estudio del alumbrado público en el área de estudio, por lo que para el presente trabajo se lo considerará como nuevo.

El sistema de alumbrado público actual se encuentra en condiciones de baja iluminación considerando además que las luminarias instaladas son de diferente tipo teniendo una mala uniformidad de iluminación.

Algunas de las luminarias son de mercurio y de sodio cerrada pudiendo afectar al medio ambiente.

La EEASA en sus guías de diseño indica los tipos de vías y los requerimientos mínimos de alumbrado de las mismas, los mismos que se indican en las siguientes tablas.

Tabla N° 3.1. CLASIFICACIÓN DE VÍAS

CLASIFICACIÓN DE VÍAS				
CLASE DE VÍA	TRAFICO VEHICULAR		ANCHO DE LA CALZADA (a)	NOMBRE TÍPICO DE LA VÍA
	VELOCIDAD (V) Km/h	DENSIDAD (d) Veloc/h		
1	$V \geq 90$	$d > 1000$	$a \geq 20$	Autopista o avenida de alta velocidad o densidad de tráfico alto
2	$60 \geq V \geq 90$	$500 \leq d \leq 1000$	$15 < a \leq 20$	Avenida o via de alta velocidad, densidad de tráfico medio.
3	$30 \leq V \leq 60$	$250 \leq d < 500$	$12 < a \leq 15$	Calle principal.
4	$V \leq 30$	$100 \leq d < 250$	$8 < a \leq 12$	Calle secundaria.
5			$a < 8$	Callejones, pasajes.

Fuente:(EEASA 2011a, p. 9)

Tabla N° 3.2. NIVELES FOTOMÉTRICOS MÍNIMOS

NIVELES FOTOMÉTRICOS MÍNIMOS		
CLASE DE VÍA	ILUMINANCIA PROMEDIO (luxes)	LUMINANCIA PROMEDIO (Cd/m <sup>2</sup> )
1	23	2
2	17	1,5
3	11,5	1
4	9	0,75
5	6	0,5

Fuente:(EEASA 2011a, p. 9)

El tipo de vía que se tiene en el área de estudio es de tipo 4 con las características que se indican en la tabla N° 3.3.

Tabla N° 3.3. CARACTERÍSTICA DE VÍAS.

CALZADA		ACERAS	
CARRILES	ANCHO (m)	NÚMERO	ANCHO (m)
2	7	2	2

Fuente: El Autor

Para el estudio de alumbrado se considera la utilización de luminarias con lámpara tipo LED ya que estas son amigables con el medio ambiente cuyas características se indican en la tabla N° 3.4.

Tabla N° 3.4. CARACTERÍSTICAS LUMINARIAS

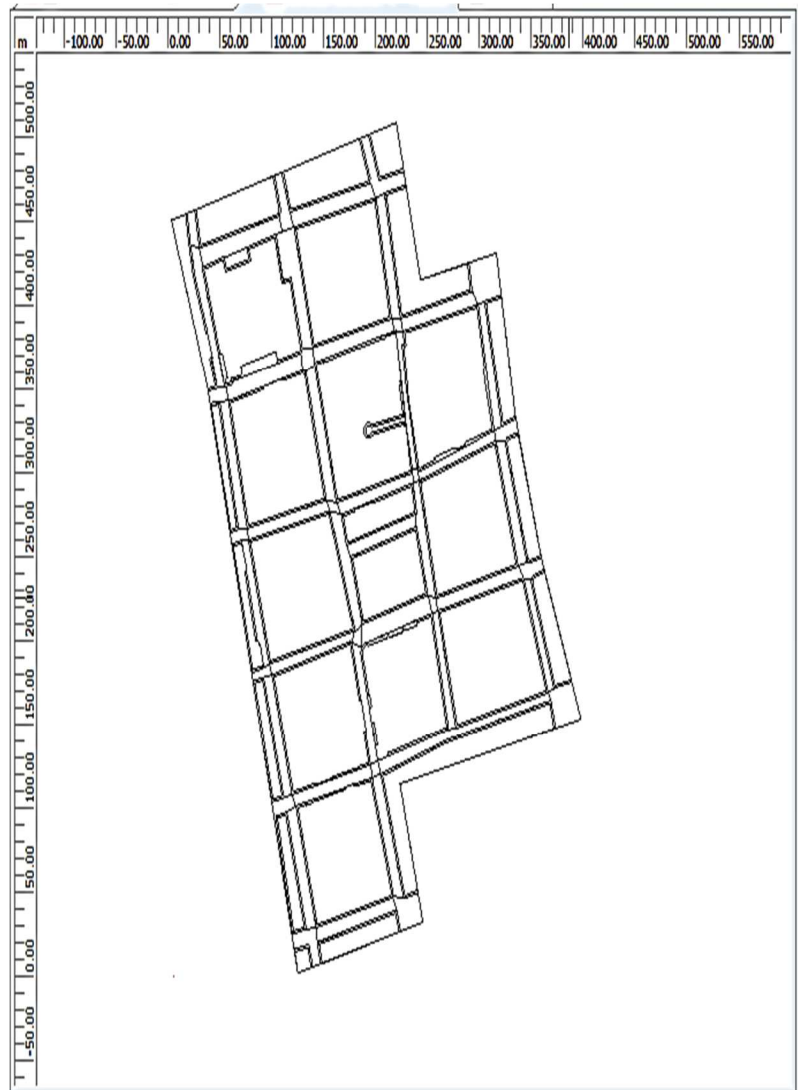
TIPO	FLUJO LUMINOSO (lm)	ALTURA DE MONTAJE (m)	LONGITUD DEL BRAZO (m)
OSRAM ML-250	15000	10	1,5

Fuente: El Autor

Para el análisis de alumbrado público se utiliza el programa de simulación de iluminación DIALux, en el cual se realiza un análisis de una calle tipo con las características de la tabla N° 3.3, lo que da como resultado que las características de montaje de las luminarias para obtener los datos fotométricos mínimos cuyos resultados se muestran en el anexo N° 5

Una vez establecido la distancia entre luminarias y la altura de montaje se procede a realizar la evaluación en planta en base al plano en AUTOCAD proporcionado por el GAD Municipal de Tisaleo como se muestra en la figura N° 3.1.

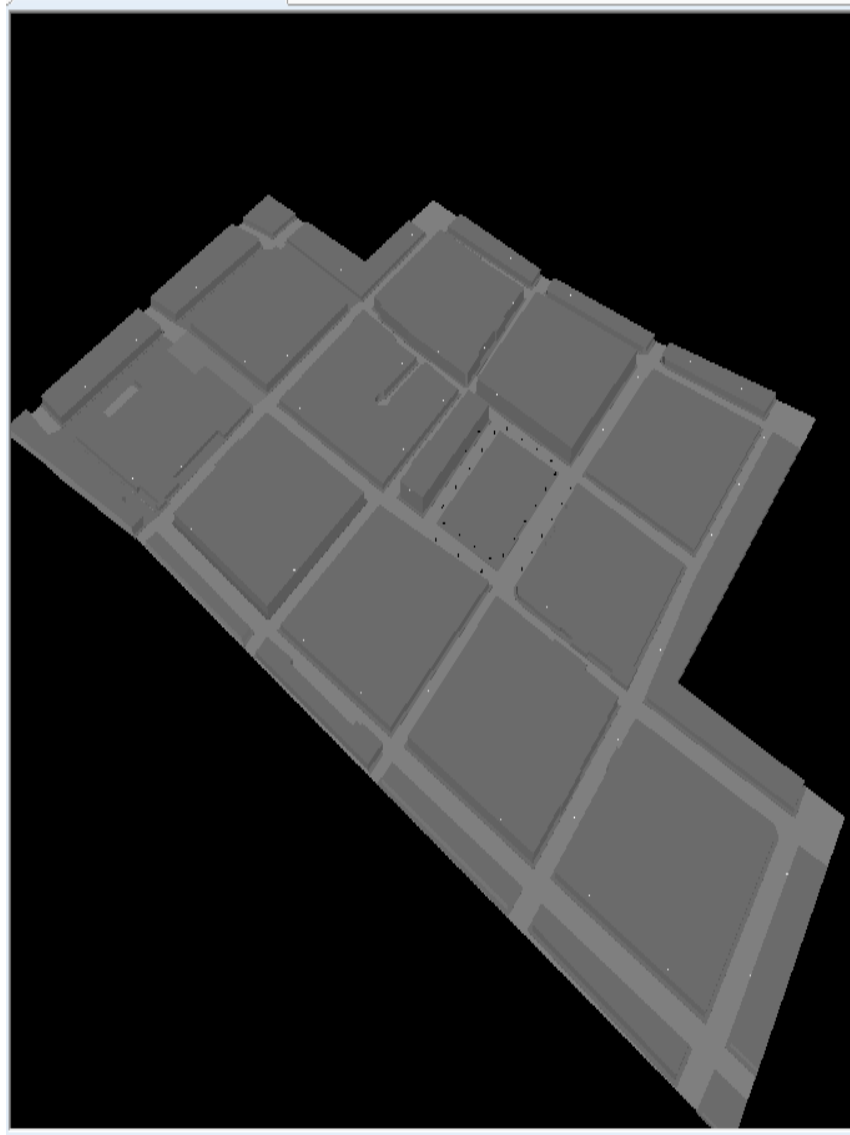
Figura N° 3.1. INGRESO DEL ÁREA DE ESTUDIO



Fuente: DIALux

Una vez exportado el área de estudio al programa se procede a dibujar las escenas exteriores según su construcción, teniendo así una idea de la geografía del área de estudio, como se muestra en la figura N° 3.2.

Figura N° 3.2. VISTA 3D DE LAS ESCENAS EXTERIORES



Fuente: DIALux

Al tener la facilidad de una visualización tridimensional del área el diseño de alumbrado público se muestra más realista ya que se trabaja con las alturas aproximadas de las edificaciones que tenemos en el Centro de Tisaleo.

Cabe recalcar que las calles se las analizó por cada cuadra como escenas exteriores con el fin de tener la evaluación de la iluminancia en luxes y la luminancia en Cd/m<sup>2</sup> de cada cuadra y por número de lámparas, los resultados obtenidos por cada cuadra se presentan en las siguientes tablas.

Tabla N° 3.5. DATOS FOTOMÉTRICOS 1

CALLE	ESCENA EXTERIOR	N° LUMINARIAS	Em (luxes)	Lm (Cd/m2)
20 de Octubre	62	2	12	0,91
	68	2	12	0,95
	77	2	14	1,04
	89	2	13	1
	91	2	12	0,91
	<b>PROMEDIO</b>			12,6

Fuente: El Autor

Tabla N° 3.6. DATOS FOTOMÉTRICOS 2

CALLE	ESCENA EXTERIOR	N° LUMINARIAS	Em (luxes)	Lm (Cd/m2)
17 de Noviembre	60	2	9,58	0,82
	73	2	11	0,87
	79	8	12	0,94
	88	2	14	1,09
	93	2	12	0,94
	<b>PROMEDIO</b>			11,716

Fuente: El Autor

Tabla N° 3.7. DATOS FOTOMÉTRICOS 3

CALLE	ESCENA EXTERIOR	N° LUMINARIAS	Em (luxes)	Lm (Cd/m2)
Juan Montalvo	64	2	11	0,87
	70	2	15	1,12
	81	6	19	1,45
	87	2	15	1,16
	<b>PROMEDIO</b>			15

Fuente: El Autor

Tabla N° 3.8. DATOS FOTOMÉTRICOS 4

CALLE	ESCENA EXTERIOR	N° LUMINARIAS	Em (luxes)	Lm (Cd/m2)
Antonio Clavijo	72	2	13	0,79
	84	2	13	0,76
	85	2	15	1,14
	<b>PROMEDIO</b>			13,6666667

Fuente: El Autor

Tabla N° 3.9. DATOS FOTOMÉTRICOS 5

CALLE	ESCENA EXTERIOR	N° LUMINARIAS	Em (luxes)	Lm (Cd/m2)
José Naranjo	61	2	9,44	0,72
	63	2	7,3	0,56
	<b>PROMEDIO</b>		8,37	0,64

Fuente: El Autor

Tabla N° 3.10. DATOS FOTOMÉTRICOS 6

CALLE	ESCENA EXTERIOR	N° LUMINARIAS	Em (luxes)	Lm (Cd/m2)
Antonio J. Sucre	65	2	9,98	0,76
	66	2	12	0,93
	67	2	12	0,73
	<b>PROMEDIO</b>		11,3266667	0,80666667

Fuente: El Autor

Tabla N° 3.11. DATOS FOTOMÉTRICOS 7

CALLE	ESCENA EXTERIOR	N° LUMINARIAS	Em (luxes)	Lm (Cd/m2)
J. B. VELA	71	2	12	0,95
	74	2	14	1,04
	75	2	14	1,08
	<b>PROMEDIO</b>		13,3333333	1,02333333

Fuente: El Autor

Tabla N° 3.12. DATOS FOTOMÉTRICOS 8

CALLE	ESCENA EXTERIOR	N° LUMINARIAS	Em (luxes)	Lm (Cd/m2)
J. L. MERA	80	7	9,12	0,7
	<b>PROMEDIO</b>		9,12	0,7

Fuente: El Autor

Tabla N° 3.13. DATOS FOTOMÉTRICOS 9

CALLE	ESCENA EXTERIOR	N° LUMINARIAS	Em (luxes)	Lm (Cd/m2)
Cacique Tisaleo	78	2	13	0,99
	82	12	10	0,78
	83	2	11	0,87
	<b>PROMEDIO</b>		11,3333333	0,88

Fuente: El Autor

Tabla N° 3.14. DATOS FOTOMÉTRICOS 10

CALLE	ESCENA EXTERIOR	N° LUMINARIAS	Em (luxes)	Lm (Cd/m2)
República	90	2	13	0,99
	86	5	16	1,2
	<b>PROMEDIO</b>		14,5	1,095

Fuente: El Autor

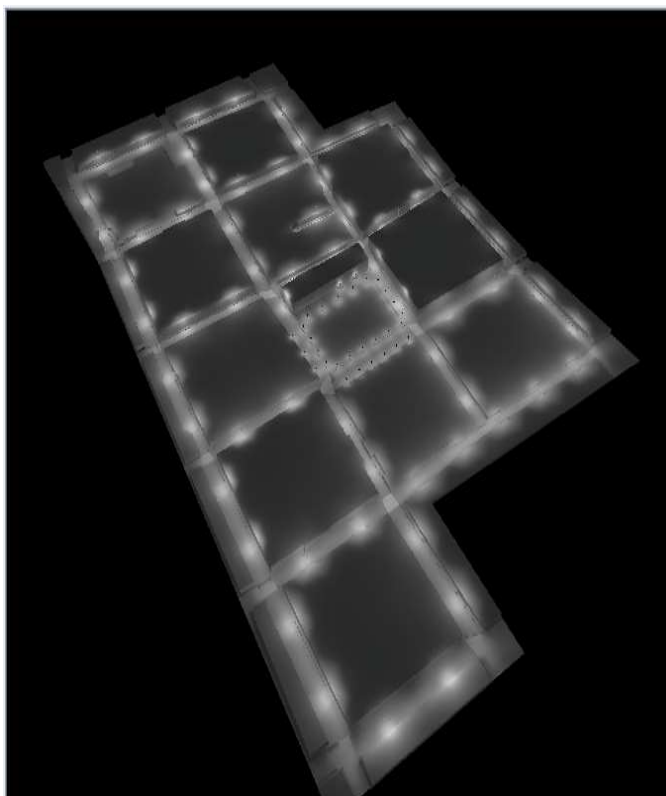
Tabla N° 3.15. DATOS FOTOMÉTRICOS 11

CALLE	ESCENA EXTERIOR	N° LUMINARIAS	Em (luxes)	Lm (Cd/m2)
Real	92	2	7,57	0,58
Audiencia	<b>PROMEDIO</b>		7,57	0,58

Fuente: El Autor

Al analizar los valores obtenidos en la simulación y comparándolos con la tabla de niveles fotométricos mínimos, considerando una clase de vía 4, se deduce que son valores aceptables para la clase de vía con el número de luminarias indicado.

Figura N° 3.3. VISTA 3D DEL DISEÑO DE ALUMBRADO



Fuente: DIALux

La figura N° 3.3 indica el diseño de alumbrado para el área de estudio de la red subterránea.

Una vez establecido el número de luminarias por manzana se analiza la potencia total de las luminarias que se tiene en cada manzana, tomando en cuenta que la potencia de cada luminaria es de 150 W con un factor de potencia de 0.9, con estos parámetros se obtiene los resultados que se indica en la tabla N° 3.16.

Tabla N° 3.16. ALUMBRADO PÚBLICO POR MANZANA

MANZANA	N. DE LUMINARIA	POTENCIA (W)	POTENCIA TOTAL (kW)	POTENCIA TOTAL (kVA)
1	2	150,00	0,30	0,33
2	2	150,00	0,30	0,33
3	0	150,00	0,00	0,00
4	4	150,00	0,60	0,67
5	4	150,00	0,60	0,67
6	4	150,00	0,60	0,67
7	0	150,00	0,00	0,00
8	4	150,00	0,60	0,67
9	4	150,00	0,60	0,67
10	4	150,00	0,60	0,67
11	2	150,00	0,30	0,33
12	0	150,00	0,00	0,00
13	4	150,00	0,60	0,67
14	22	150,00	3,30	3,67
15	2	150,00	0,30	0,33
16	2	150,00	0,30	0,33
17	0	150,00	0,00	0,00
18	4	150,00	0,60	0,67
19	8	150,00	1,20	1,33
20	4	150,00	0,60	0,67
21	2	150,00	0,30	0,33
22	0	150,00	0,00	0,00
23	4	150,00	0,60	0,67
24	7	150,00	1,05	1,17
25	2	150,00	0,30	0,33

Fuente: El Autor

### 3.7.3. Cargas especiales.

Debido a las disposiciones emitidas por el Gobierno Nacional acerca del reemplazo del GLP por cocinas de inducción para la cocción de alimentos es preciso realizar el cálculo de la demanda que representara un incremento considerable en la capacidad del transformador.

Los resultados obtenidos del análisis del tipo de cliente por manzana, realizado en el capítulo II, serán el punto de partida para el análisis de la demanda de las cocinas de inducción ya que, se tomara en cuenta que los que adquieran las cocinas de inducción serán los clientes de tipo residencial.

Al analizar el área de estudio se observa que en las diferentes manzanas existen lotes baldíos, por lo que se considerará una proyección de nuevos usuarios considerando que los nuevos clientes serán de tipo residencial, los mismos que se indican en la tabla N° 3.17.

Tabla N° 3.17. USUARIOS RESIDENCIALES PROYECTADOS

CRECIMIENTO DE USUARIOS RESIDENCIALES			
MANZANA	U. ACTUALES	LOTES BALDÍOS	U. PROYECTADOS
1	4	0	4
2	7	0	7
3	4	0	4
4	1	3	4
5	7	2	9
6	3	1	4
7	0	0	0
8	18	1	19
9	12	0	12
10	11	0	11
11	1	0	1
12	3	0	3
13	11	0	11
14	5	1	6
15	10	0	10

16	3	0	3
17	2	0	2
18	14	2	16
19	7	0	7
20	1	0	1
21	4	0	4
22	3	2	5
23	8	0	8
24	9	1	10
25	0	0	0

Fuente: El Autor

Una vez realizado la proyección de los usuarios residenciales en cada una de las manzanas se procede a realizar el cálculo para determinar la demanda de las cocinas de inducción en cada una de las manzanas mediante las ecuaciones 1.14 y 1.15.

$$f_{c(n)} = 0.741 \times n^{-0.262}$$

$$DMC_{(kW)} = 0.6 \times n \times f_{c(n)} \times P_{CI} \times fd$$

Para representación del cálculo se toma como referencia, así como en los ejemplos demostrativos anteriores, a la manzana N° 5.

Los datos de clientes residenciales de la manzana N° 5 se presentan en la tabla N° 3.18.

Tabla N° 3.18. DATOS MANZANA 5

CRECIMIENTO DE USUARIOS RESIDENCIALES			
MANZANA	USUARIOS ACTUALES	LOTES BALDÍOS	USUARIOS PROYECTADOS
5	7	2	9

Fuente: El Autor

Al establecer el número de usuarios residenciales proyectados se procede a determinar el factor de coincidencia para el respectivo número de usuarios.

$$fc_{(n)} = 0.741 \times n^{-0.262}$$

$$fc_{(n)} = 0.741 \times 9^{-0.262}$$

$$fc_{(n)} = 0.42$$

Al obtener el factor de coincidencia, se determina la demanda de cocción tomando en cuenta la potencia de la cocina de 3.8 kW y considerando un factor de demanda del 80%, dato establecido por la EEASA.

$$DMC_{(kW)} = 0.6 \times n \times fc_{(n)} \times P_{CI} \times fd$$

$$DMC_{(kW)} = 0.6 \times 9 \times 0.42 \times 3.8 \times 0.8$$

$$DMC_{(kW)} = 6.84 \text{ kW}$$

La demanda de cocción en kW es afectada por un factor de potencia de 0.98, especificado por el Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 101 “Artefactos Electrodomésticos para Cocción por Inducción”, para obtener la demanda de cocción en kVA.

$$DMC = \frac{kW}{FP} = \frac{6.84}{0.98} = 6.98 \text{ kVA}$$

Una vez establecido cada uno de los términos de la ecuación 1.8 se determina la demanda de diseño de la manzana N° 5.

$$DD = DMCp + Ap + Ce$$

$$DD = 35.63 + 0.67 + 6.98$$

$$DD = 43.28 \text{ kVA}$$

Los valores de demanda de diseño de cada manzana considerando el analisis anterior se indican en el anexo N° 6.

### 3.8. CAPACIDAD DE LOS CENTROS DE TRANSFORMACIÓN.

La capacidad de los centros de transformación se establece según la demanda de diseño de cada una de las manzanas, las manzanas que abastezca cada centro de transformación se elijan de modo que la capacidad se normalice según la normativa del MEER.

Una vez establecidas las manzanas que cubrirá cada centro de transformación se determina las capacidades de cada uno de los centros de transformación sumando las demandas de diseño de cada una de las manzanas que lo conforman, así por ejemplo, para el centro de transformación 2 se tiene una demanda de diseño de 220.21 kVA, dicho valor se normaliza con los valores estándares de transformadores que resulta una capacidad de transformador de 250 kVA.

En la tabla N° 3.19 se indican la capacidad de cada centro de transformación y las manzanas que abastecen cada uno.

Tabla N° 3.19. CAPACIDAD DE CENTROS DE TRANSFORMACIÓN

CENTRO DE TRANSFORMACIÓN 1	
MANZANAS	CAPACIDAD DEL TRAFIO (kVA)
1	250
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
12	
13	
CENTRO DE TRANSFORMACIÓN 2	
MANZANAS	CAPACIDAD DEL TRAFIO (kVA)
9	250
10	
11	
14	
15	
16	

CENTRO DE TRANSFORMACIÓN 3	
MANZANAS	CAPACIDAD DEL TRAFO (kVA)
17	250
18	
19	
20	
21	
22	
23	
24	
25	

Fuente: El Autor

### 3.8.1. Malla de puesta a tierra

Para el diseño de la malla de puesta a tierra se realizó la medición de la resistencia del terreno, para lo cual se utilizó el equipo Medidor Digital de Tierras modelo 4500.

Una vez realizadas las mediciones se obtuvo el valor de resistencia del terreno de 0.937  $\Omega$ .

Con este valor se procede a realizar el cálculo de la resistividad del terreno mediante la ecuación 1.9 considerando el valor de a de 5 metros y b de 0.15 metros.

$$\rho = \frac{4\pi aR}{1 + \frac{2a}{\sqrt{a^2 + 4b^2}} - \frac{a}{\sqrt{a^2 + b^2}}}$$

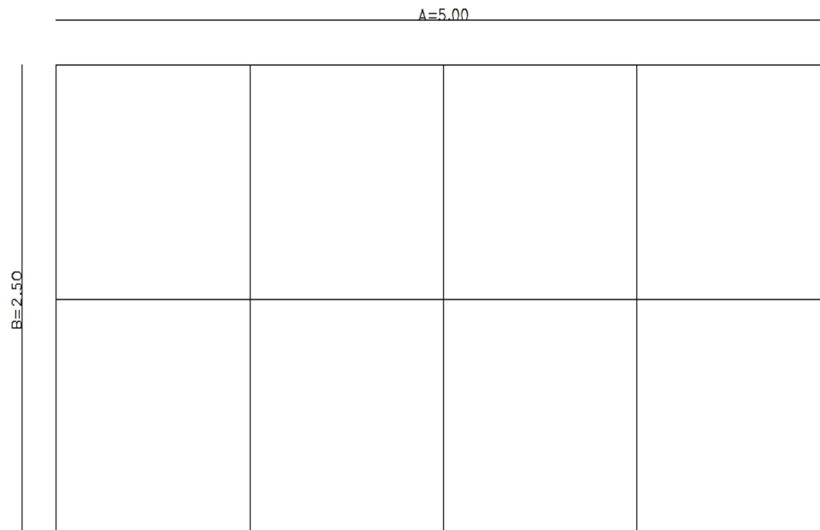
$$\rho = \frac{4\pi(5)(0.937)}{1 + \frac{2 \times 5}{\sqrt{5^2 + (4 \times 0.15)^2}} - \frac{5}{\sqrt{4^2 + 0.15^2}}}$$

$$\rho = 29.64 \Omega.m$$

Una vez determinada la resistividad del terreno se procede a determinar la longitud total del conductor que según la norma del MEER es de cobre desnudo calibre 2/0 AWG.

La configuración de la malla de tierra para el presente estudio se muestra en la figura N° 3.4.

Figura N° 3.4. MALLA DE PUESTA A TIERRA



Fuente: El Autor

La longitud total del conductor se determina mediante la ecuación 1.10 considerando 3 filas para n y 5 columnas para m.

$$L = (A \times n) + (B \times m)$$

$$L = (5 \times 3) + (2.5 \times 5)$$

$$L = 27.5 \text{ m}$$

La longitud del conductor del cable para la malla a tierra será de 27.5 m, las uniones de los conductores se las realizará con soldadura exotérmica añadiendo una varilla copperweld de 1.8 metros de longitud por 16 mm de diámetro.

Finalmente se calcula la resistencia de la malla de puesta tierra mediante la ecuación 1.11.

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

$$R = 0.443 \times 29.64 \left( \frac{1}{\sqrt{5} \times 2.5} + \frac{1}{27.5} \right)$$

$$R = 4.19 \, \Omega$$

La resistencia de la malla será de  $4.19 \, \Omega$  cumpliendo con la normativa del MEER que estipula que la resistencia menor a  $5 \, \Omega$

### 3.9. ELECCIÓN DE CONDUCTORES

#### 3.9.1. Medio voltaje.

Los conductores de medio voltaje que alimentarán los centros de transformación deben soportar la corriente que circulará por la red subterránea desde la primera transición aérea – subterránea que llega de la subestación Montalvo hasta la segunda transición subterránea – aérea en donde el alimentador se dirige hacia la subestación Huachi.

Tomando en cuenta los antecedentes anteriores, la carga total que va a alimentar la red de medio voltaje es de 750 kVA, considerando los 3 centros de transformación de 250 kVA cada uno del diseño. Con estos datos se determina la corriente que circulará por cada uno de los conductores mediante la ecuación 1.3.

$$S = \sqrt{3} \times V \times I$$

De donde se despeja la corriente I, considerando el voltaje V de 13.8 kV.

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \times V}$$

$$I = \frac{750 \, kVA}{\sqrt{3} \times 13.8 \, kV}$$

$$I = 31.37 \, A$$

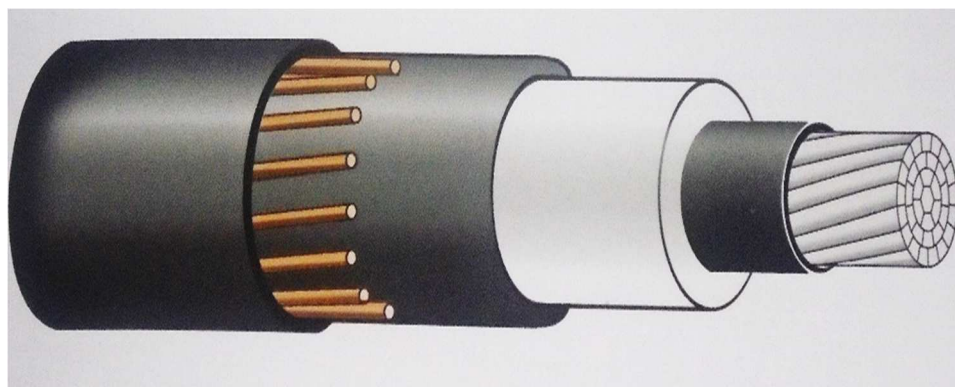
La corriente que circulará por cada conductor será de 31.37 A, para dicha corriente el conductor sería de una sección pequeña.

A más del cálculo de la corriente, se debe considerar que, el conductor que se elija debe ser de similar capacidad de conducción que el conductor que forma la red área de donde se realiza la transición aérea - subterránea.

Considerando lo anterior expuesto, el conductor para medio voltaje que se elige es el conductor de aluminio XLPE de 1/3 NEUTRAL, 350 MCM, con apantallamiento con hilos de cobre con chaqueta externa de material termoplástico PVC o PE con tolerancia de 15 kV, el cual tiene una capacidad de conducción de 360 A y con un aislamiento del 100% , esto con el fin de mantener similar capacidad de conducción de corriente de la red aérea que consta del conductor de ACSR calibre 4/0 que tiene una capacidad de corriente de 357 A.

En la figura N° 3.5 se indica el conductor elegido para la red de medio voltaje.

Figura N° 3.5. CONDUCTOR DE ALUMINIO XLPE 15 kV.



Fuente: (ELECTROCABLES 2011, p. 137)

### **3.9.2. Bajo voltaje.**

La elección de los conductores de la red de bajo voltaje se establece al considerar las caídas de voltaje de los circuitos de cada uno de los centros de transformación.

Se debe procurar que los conductores sean del mismo calibre para todos los circuitos considerando además el aspecto económico.

### 3.9.2.1. *Computo de caídas de voltaje.*

El análisis de las caídas de voltaje se realizan debido a que las distancias que recorren los circuitos de bajo voltaje afectan considerablemente al nivel de voltaje de 220 V.

Teniendo en cuenta que el Cantón Tisaleo se considera como zona rural se establece, mediante las Guías de Diseño de la EEASA, que los límites de caídas de voltaje debe ser menor al 5%.

Para realizar el computo de las caídas de voltaje es necesario determinar la demanda del número de usuarios que se encuentran en cada tramo, para lo cual se emplea el método de la REA en donde el consumo específico es el promedio de consumo de toda el área de estudio.

Una vez promediado los consumos de todos los usuarios pertenecientes al área de estudio se determina un consumo promedio de 191.3 kWh.

Una vez establecido el consumo promedio total se procede a aplicar el método de la REA para determinar la demanda y calcular las caídas de voltaje.

En la tabla N° 3.20 se muestra las demandas calculadas por el método de la REA de 1 a 50 usuarios, aplicado un factor de potencia de 0.92.

Tabla N° 3.20. CALCULO DEMANDA POR USUARIOS

CONSUMO PROMEDIO (kWh)				191,3
FACTOR DE POTENCIA				0,92
NÚMERO DE USUARIOS	FACTOR A	FACTOR B	DEMANDA MÁXIMA COINCIDENTE (kW)	DEMANDA MÁXIMA COINCIDENTE (kVA)
1	0,619	3,161	1,96	2,13
2	0,619	5,707	3,53	3,84

3	0,619	7,800	4,83	5,25
4	0,619	9,573	5,93	6,45
5	0,619	11,125	6,89	7,49
6	0,619	12,523	7,76	8,43
7	0,619	13,815	8,56	9,30
8	0,619	15,034	9,31	10,12
9	0,619	16,200	10,04	10,91
10	0,619	17,329	10,73	11,67
11	0,619	18,430	11,42	12,41
12	0,619	19,510	12,09	13,14
13	0,619	20,576	12,75	13,85
14	0,619	21,629	13,40	14,56
15	0,619	22,673	14,04	15,27
16	0,619	23,710	14,69	15,96
17	0,619	24,741	15,33	16,66
18	0,619	25,767	15,96	17,35
19	0,619	26,790	16,59	18,04
20	0,619	27,809	17,23	18,72
21	0,619	28,826	17,86	19,41
22	0,619	29,841	18,49	20,09
23	0,619	30,854	19,11	20,77
24	0,619	31,866	19,74	21,46
25	0,619	32,876	20,36	22,14
26	0,619	33,885	20,99	22,82
27	0,619	34,893	21,61	23,49
28	0,619	35,900	22,24	24,17
29	0,619	36,907	22,86	24,85
30	0,619	37,913	23,49	25,53
31	0,619	38,918	24,11	26,20
32	0,619	39,923	24,73	26,88
33	0,619	40,928	25,35	27,56
34	0,619	41,932	25,97	28,23
35	0,619	42,936	26,60	28,91
36	0,619	43,939	27,22	29,58
37	0,619	44,942	27,84	30,26
38	0,619	45,945	28,46	30,94
39	0,619	46,948	29,08	31,61
40	0,619	47,951	29,70	32,29
41	0,619	48,953	30,32	32,96
42	0,619	49,955	30,94	33,64
43	0,619	50,957	31,57	34,31
44	0,619	51,959	32,19	34,98
45	0,619	52,961	32,81	35,66
46	0,619	53,963	33,43	36,33
47	0,619	54,964	34,05	37,01
48	0,619	55,966	34,67	37,68
49	0,619	56,967	35,29	38,36
50	0,619	57,968	35,91	39,03

Fuente: El Autor

Para el análisis de la demanda de las cocinas de inducción se aplicarán, según el número de usuarios en cada tramo, las ecuaciones 1.14 y 1.15.

$$f_{c(n)} = 0.741 \times n^{-0.262}$$

$$DMC_{(kW)} = 0.6 \times n \times f_{c(n)} \times P_{CI} \times fd$$

En la tabla N° 3.21 se muestra las demandas calculadas para las cocinas de inducción de 1 a 50 usuarios, aplicado un factor de potencia de 0.98, al igual que en el estudio realizado para la demanda de diseño se considera la potencia de la cocina de 3.8 kW y factor de demanda del 80%.

Tabla N° 3.21. DEMANDA DE COCINAS DE INDUCCIÓN

POTENCIA DE COCINA (kW)		3,8	
FACTOR DE DEMANDA (%)		80	
FACTOR DE POTENCIA		0,98	
NÚMERO DE USUARIOS	FACTOR DE COINCIDENCIA	DEMANDA DE COCCIÓN (kW)	DEMANDA DE COCCIÓN (kVA)
1	0,74	1,35	1,38
2	0,62	2,25	2,30
3	0,56	3,04	3,10
4	0,52	3,76	3,84
5	0,49	4,43	4,52
6	0,46	5,07	5,17
7	0,45	5,68	5,80
8	0,43	6,27	6,40
9	0,42	6,84	6,98
10	0,41	7,39	7,54
11	0,40	7,93	8,09
12	0,39	8,46	8,63
13	0,38	8,97	9,16
14	0,37	9,48	9,67
15	0,36	9,97	10,18
16	0,36	10,46	10,67
17	0,35	10,94	11,16
18	0,35	11,41	11,64
19	0,34	11,87	12,12

20	0,34	12,33	12,58
21	0,33	12,78	13,04
22	0,33	13,23	13,50
23	0,33	13,67	13,95
24	0,32	14,11	14,40
25	0,32	14,54	14,84
26	0,32	14,97	15,27
27	0,31	15,39	15,70
28	0,31	15,81	16,13
29	0,31	16,22	16,55
30	0,30	16,63	16,97
31	0,30	17,04	17,39
32	0,30	17,44	17,80
33	0,30	17,84	18,21
34	0,29	18,24	18,61
35	0,29	18,64	19,02
36	0,29	19,03	19,42
37	0,29	19,42	19,81
38	0,29	19,80	20,21
39	0,28	20,19	20,60
40	0,28	20,57	20,99
41	0,28	20,94	21,37
42	0,28	21,32	21,76
43	0,28	21,69	22,14
44	0,27	22,07	22,52
45	0,27	22,43	22,89
46	0,27	22,80	23,27
47	0,27	23,17	23,64
48	0,27	23,53	24,01
49	0,27	23,89	24,38
50	0,27	24,25	24,74

Fuente: El Autor

Cabe recalcar que en el computo de las caídas de voltaje no se considera la demanda de alumbrado público ya que este tiene circuitos independientes.

Una vez establecida la demanda para los diferentes números de usuarios se determina el conductor que se va a utilizar, con el que se debe cumplir los límites de caída de voltaje.

Los conductores con los que se determinará el cómputo de la caída de voltaje serán de aluminio TTU para 2 kV.

En la tabla N° 3.22 se indica las características de los conductores de aluminio con una configuración de 3 fases 4 conductores.

Tabla N° 3.22. CARACTERÍSTICAS DE CONDUCTORES

CALIBRE	DIÁMETRO (m)	SECCIÓN (mm <sup>2</sup> )	REACTANCIA XL ( OHM/1000ft)	REACTANCIA XL ( OHM/km)	RESISTENCIA R ( OHM/km)
8	0,00326	8,35	0,05	0,17	3,35
6	0,00467	17,13	0,05	0,17	1,63
4	0,00589	27,25	0,05	0,16	1,03
2	0,00741	43,12	0,05	0,15	0,65
1/0	0,00945	70,14	0,04	0,14	0,40
2/0	0,01065	89,08	0,04	0,14	0,31
3/0	0,01195	112,16	0,04	0,14	0,25
4/0	0,01340	141,03	0,04	0,13	0,20
250	0,01455	166,27	0,04	0,13	0,17
300	0,01595	199,81	0,04	0,13	0,14
350	0,01723	233,16	0,04	0,13	0,12

Fuente: El Autor

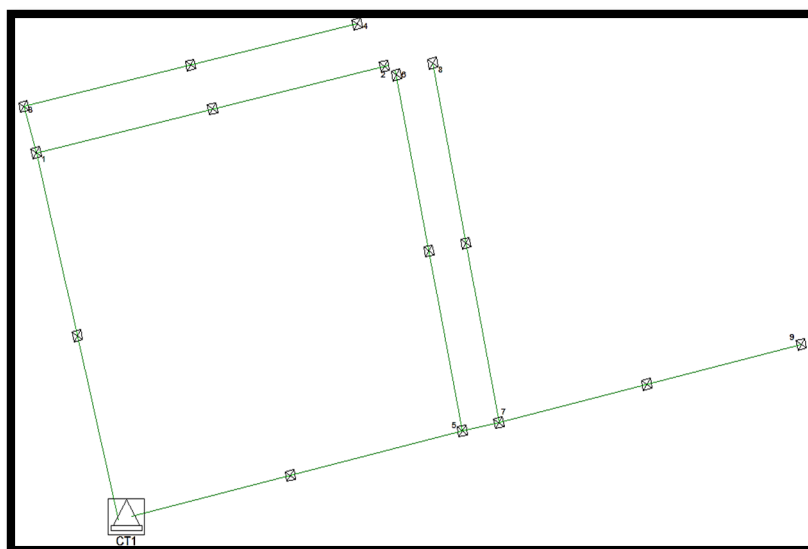
Para realizar el cálculo de las caídas de voltajes en cada circuito es necesario numerar por tramos los circuitos de cada centro de transformación e identificar el número de usuarios que tiene el mismo.

El análisis de las caídas de voltaje se lo realizó con diferentes calibres de conductores de aluminio, que para el presente trabajo se obtuvo un valor mínimo de caídas con el conductor calibre 250 MCM.

Para un mejor entendimiento del procedimiento del cómputo de las caídas de voltaje se procede a realizar el cálculo de caídas de voltaje para el circuito 2 del centro de transformación 1.

Se procede a realizar la identificación por tramos del circuito como se indica en la figura N° 3.6.

Figura N° 3.6. IDENTIFICACIÓN DE TRAMOS.



Fuente: El Autor

Los tramos establecidos para la determinación del cómputo de las caídas de voltaje facilitan la utilización de la ecuación 1.12.

$$\Delta V\% = \frac{kVA_T \times (r \cos\phi + x \sin\phi) \times L \times 10}{N_f \times kV_{fn}^2}$$

La demanda total del tramo será determinada en función del número de usuarios, considerando además la demanda de las cocinas de inducción. En la tabla N° 3.23 se muestran los resultados de las caídas de voltaje CV para el circuito 2 del centro de transformación 1.

Tabla N° 3.23. RESULTADOS DE CAÍDAS DE VOLTAJE

CIRCUITO 2								
TOTAL USUARIOS		24						
TRAMO	MEDIDA (m)	N. DE USUARIOS	U. ACUM.	DEMANDA REA (kVA)	DEMANDA COCINAS (kVA)	KVA TOTAL	CV (%)	CV (% ACUM)
0_1	79	5	14	14,56	9,67	24,23	0,83	0,83
1_2	81	2	2	3,84	2,30	6,14	0,22	1,05
1_3	6	0	7	9,30	5,80	15,10	0,04	0,87

3_4	77	7	7	9,30	5,80	15,10	0,50	1,38
0_5	74	3	10	11,67	7,54	19,21	0,62	0,62
5_6	72	4	4	6,45	3,84	10,28	0,32	0,94
5_7	5	0	3	5,25	3,10	8,35	0,02	0,64
7_8	76	3	3	5,25	3,10	8,35	0,27	0,91
7_9	70	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,64

Fuente: El Autor

Una vez aplicado el proceso de cálculo las máximas caídas de voltaje de los circuitos de cada centro de transformación se presentan en la tabla N° 3.24.

Tabla N° 3.24. CAPACIDAD DE CENTROS DE TRANSFORMACIÓN

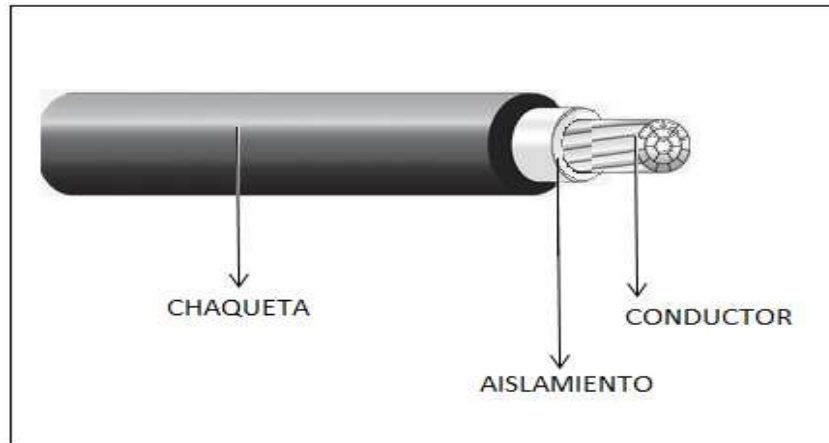
CENTRO DE TRANSFORMACIÓN 1		
CIRCUITO 1	1,70	%
CIRCUITO 2	1,38	%
CIRCUITO 3	1,67	%
CIRCUITO 4	2,86	%
CENTRO DE TRANSFORMACIÓN 2		
CIRCUITO 1	1,36	%
CIRCUITO 2	1,67	%
CIRCUITO 3	1,49	%
CENTRO DE TRANSFORMACIÓN 3		
CIRCUITO 1	0,91	%
CIRCUITO 2	1,50	%
CIRCUITO 3	1,87	%

Fuente: El Autor

El análisis del cómputo de las caídas de voltaje por circuito para cada centro de transformación se aprecia en el anexo N° 7.

El calibre de conductor a utilizar en las redes de bajo voltaje será de AL TTU calibre 250 MCM, el cual se indica en la figura N° 3.7.

Figura N° 3.7. CONDUCTOR DE ALUMINIO TTU 2 kV



Fuente: (ELECTROCABLES 2011, p. 115)

### 3.9.3. Acometidas.

El calibre de conductores para las acometidas se dimensiona de acuerdo a lo estipulado por la EEASA en sus guías de diseño, en donde manifiesta que se considerara un máximo de 6 usuarios por acometida.

La demanda para un usuario en el área de estudio, determinado por la REA, es de 1.62 kVA dato que se observa en la tabla, de igual forma se considera la demanda por cocinas de inducción que es de 1.38 kVA el cual se observa en la tabla.

Al considerar un usuario se obtiene una demanda total de 4 kVA se determina su corriente mediante la ecuación 1.3.

$$S = \sqrt{3} \times V \times I$$

De donde la corriente I es:

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \times V}$$
$$I = \frac{4 \text{ kVA}}{\sqrt{3} \times 0.22 \text{ kV}}$$
$$I = 10.5 \text{ A}$$

Se tiene una corriente de 10.5 A para un usuario lo que representa que para 6 usuarios se tendrá una corriente de 63 A.

Tomando en cuenta el análisis anterior se determina que los conductores para acometidas serán de aluminio calibre TTU número 2 AWG, con chaqueta externa de material termoplástico PVC o PE con tolerancia de 2 kV, mismo que tiene una capacidad de corriente de 115 A.

En casos excepcionales como en multifamiliares o edificios de departamentos será necesarios considerar en número de usuarios y establecer el calibre de conductor para la acometida con el análisis anterior.

#### ***3.9.4. Alumbrado público.***

Para los conductores de alumbrado publico se considera la potencia de cada luminaria establecida en ele estudio de alumubrado publico, realizado anteriormente, que resulta una luminaria de 150 W la misma que consumirá 0.68 A tomando en cuenta un voltaje de 220 V.

Debido a que el conductor para alumbrado publico esta normalizado debido a que se adquiere estos conductores en gran cantidad y se tiene en stock en bodegas, el conductor para los circuitos de alumbrado sera de aluminio calibre 4 AWG con chaqueta externa de material termoplástico PVC o PE con tolerancia de 600 V el cual tiene una capacidad de corriente de 85 A

### **3.10. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE EQUIPAMIENTO ELÉCTRICO.**

#### ***3.10.1. Especificaciones de Transformadores.***

Al determinar las capacidades de los centros de transformación se analiza el tipo de transformador que se ocupará en cada uno, para lo cual se toma en cuenta el area

donde se va a instalar, la densidad urbanística en el lugar y el espacio físico disponible.

Tomando en cuenta estos factores se establece que el transformador a ocupar es de tipo sumergible, como se muestra en la figura N° 3.8.

Figura N° 3.8. TRANSFORMADOR TIPO SUMERGIBLE



Fuente: La Web

Este tipo de transformador se instala bajo nivel de suelo con lo que se tiene una mínima distorsión estética del conjunto urbanístico del lugar y es de tipo sumergible ya que está propenso a inundaciones por la situación climática del lugar.

Con los datos obtenidos en los cálculos y considerando los datos técnicos que debe tener un transformador, las características técnicas de cada transformador se presentan en la tabla N° 3.25.

Tabla N° 3.25. ESPECIFICACIÓN DE TRANSFORMADOR TIPO

TRANSFORMADOR	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
TIPO	NUMERO DE FASES	3
	POTENCIA (kVA)	250
	VOLTAJE PRIMARIO (kV)	13,8
	VOLTAJE SECUNDARIO (V)	220/120
	MEDIO ENFRIAMIENTO	ACEITE VEGETAL
	CONEXIÓN	Dyn 5
	IMPEDANCIA DE CORTOCIRCUITO	4.5%

Fuente: El Autor

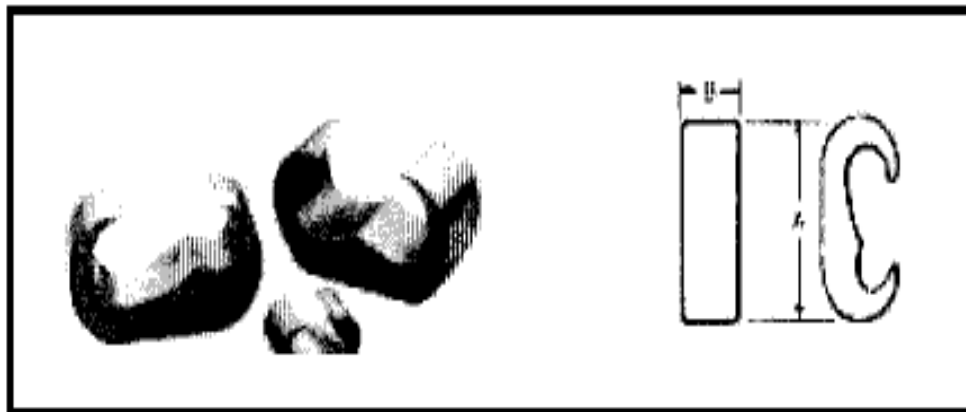
Se considera la utilización de aceite vegetal para precautelar el medio ambiente y no contaminar en caso de un derrame del aceite.

### ***3.10.2. Conectores tipo C de aluminio.***

Como parte de la construcción de la red subterránea del centro del Cantón Tisaleo, es necesario para la conexión desde la red de bajo voltaje del sistema eléctrico hacia el usuario final y del alumbrado público de la red de alumbrado el uso de conectores tipo C de Aluminio de doble ranura, como se indica en la figura N° 3.9.

La protección de estas conexiones se las realiza con una resina especial que aísla el punto de conexión entre los conductores.

Figura N° 3.9. CONDUCTOR DE ALUMINIO TTU 2 kV

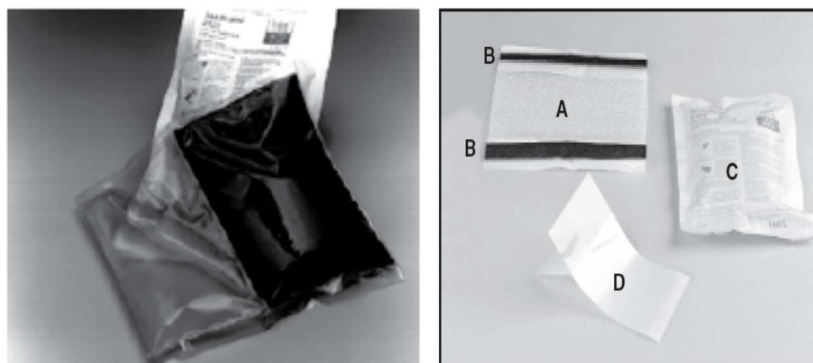


Fuente: EEASA

### ***3.10.3. Empalmes para cables de bajo voltaje de aluminio***

Para las conexiones en bajo voltaje es necesario el uso de empalmes, los mismos que se aprecian en la figura N° 3.10 y que consisten en un molde de película plástica flexible con un tejido interno especial para mantener el cable y el conector que se centran en el fondo. En el molde se aplica y se llena de resina que aísla e impermeabiliza las conexiones de los conductores empalmados.

Figura N° 3.10. KIT DE EMPALMES PARA CONDUCTORES DE AL.



Fuente: EEASA

#### ***3.10.4. Sistema de medición.***

El sistema de medición se realizara por medio de medidores bifásicos o trifásicos, según el requerimiento del usuario, el tipo de medición será directa en bajo voltaje.

Figura N° 3.11. SISTEMA DE MEDICIÓN.



Fuente: La Web

Su instalación será empotrada con su respectiva caja de seguridad que se muestra en la figura N° 3.12.

Figura N° 3.12. CAJA DE SEGURIDAD DEL SISTEMA DE MEDICIÓN.



Fuente: La Web

### **3.11. ELEMENTOS DE MANIOBRA Y PROTECCIÓN.**

#### ***3.11.1. Transformador de distribución.***

Dado el tipo de transformador que se utiliza en el diseño, las protecciones para medio y bajo voltaje están incorporados en el mismo.

La protección en medio voltaje del transformador consiste en un fusible de expulsión tipo bay-o-net el cual se aprecia en la figura N° 3.13.

Figura N° 3.13. PORTAFUSIBLE Y FUSIBLE BAY-O-NET.



Fuente: La Web

La capacidad de corriente de los fusibles para medio voltaje dependerá de la corriente máxima de operación de los transformadores, dicha corriente se determina a continuación:

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \times V}$$
$$I = \frac{250 \text{ kVA}}{\sqrt{3} \times 13.8 \text{ kV}}$$
$$I = 10.46 \text{ A}$$

La protección en medio voltaje debe soportar corrientes máximas de 10.46 A, por lo que la protección será de 15 A por motivo de estandarización.

Para la protección en bajo voltaje se considera que los circuitos secundarios del transformador serán protegidos únicamente por el interruptor automático interno del transformador, debido a que las probabilidades de falla en los conductores es muy baja ya que están bajo el nivel del suelo y si alguna falla se presentara en la sistema eléctrico interno de los usuarios esta será despejada por el interruptor termomagnético del medidor.

La capacidad del interruptor para bajo voltaje, al igual que en medio voltaje, dependerá la corriente máxima que soporte el lado secundario del transformador, como se muestra a continuación:

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \times V}$$
$$I = \frac{250 \text{ kVA}}{\sqrt{3} \times 0.22 \text{ kV}}$$
$$I = 656.07 \text{ A}$$

La protección en bajo voltaje deberá soportar corrientes máximas de hasta 656.07 A, por lo que la protección estándar será de 700 A

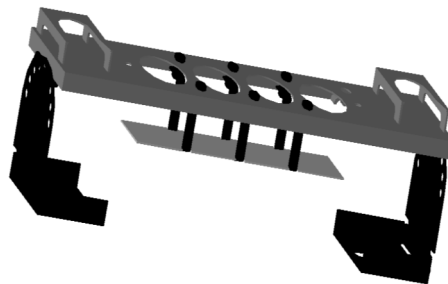
Cabe recalcar que todos los dispositivos de protección están inmersos en aceite, el mismo del transformador.

Las protecciones para los transformadores deben cumplir con la coordinación que se presenta en el anexo N° 8

### **3.11.2. Barrajes desconectables.**

Son equipos diseñados para seccionar circuitos y hacer derivaciones en medio voltaje para redes subterráneas, las mismas que se indican en la figura N° 3.14.

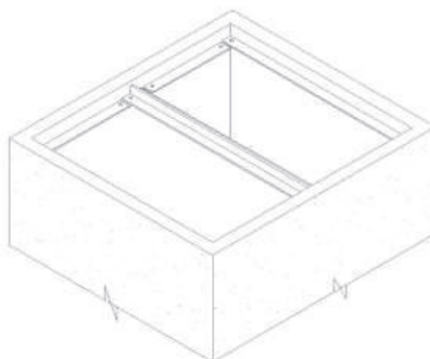
Figura N° 3.14. BARRA DESCONECTABLE MEDIO VOLTAJE.



Fuente: La Web

Mediante este barraje se realizarán las derivaciones en medio voltaje para las cámaras de transformación, las mismas que irán alojadas en una cámara seccionamiento la cual se indica en la figura N° 3.15.

Figura N° 3.15. CÁMARA DE SECCIONAMIENTO.

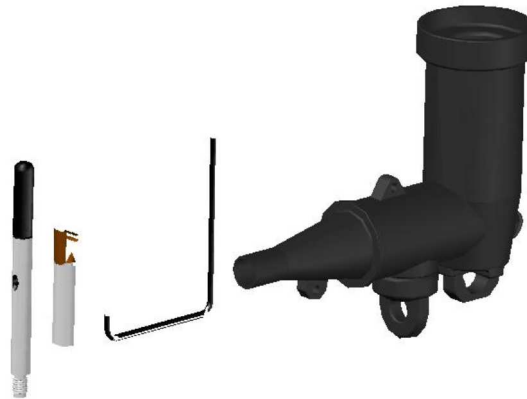


Fuente: La Web

Las especificaciones constructivas de la cámara de seccionamiento se aprecian en el anexo N° 9.

Los conductores de medio voltaje se conectaran al barraje desconectable mediante conectores tipo codo que brindan seguridad aislando las partes vivas del punto de conexión, el conector tipo codo es el que se muestra en la figura N° 3.16.

Figura N° 3.16. CONECTOR TIPO CODO.



Fuente: La Web

### 3.12. SIMULACIÓN DE LA RED SUBTERRÁNEA.

Para la simulación del diseño de la red subterránea se utilizó el programa de simulación CYMDIST, en donde ingresamos los parámetros de los diferentes equipos como conductores, transformadores, equipo de protección y las cargas concentradas que se tiene en cada tramo de los circuitos secundarios.

Los datos nominales del transformador que solicita el CYMDIST para agregar el equipo son:

- Tipo de transformador.
- Tipo de aislamiento.
- Capacidad nominal.
- Voltaje primario.
- Voltaje secundario.

- Impedancias.
- Configuración y desfase.

Los datos ingresados en la plataforma de CYMDIST para el transformador seleccionado en el diseño se muestran en la figura N° 3.17.

Figura N° 3.17. INGRESO DE DATOS DEL TRANSFORMADOR.

Datos nominales		Configuración	
Tipo de transformador:	Trifásico acorazado	Primario	
Tipo de aislamiento:	Inmerso en líquido	Secundario	
Capacidad nominal:	250,0 kVA	Desfase	Dyn5
Tensión primaria:	13800,0 VLL		
Tensión secundaria:	220,0 VLL		
Pérdidas en vacío:	0,0 kW		
Reversible:	<input checked="" type="checkbox"/>		

Impedancias de secuencia			
<input type="button" value="Por omisión"/>	Z1:	4,5 %	X1/R1: 4,0
	Z0:	4,5 %	X0/R0: 4,0

Impedancias de puesta a tierra			
	Rg	Xg	
Primario:	0,0	0,0	Ohmios
Secundario:	0,0	0,0	Ohmios

Fuente: CYMDIST

De igual manera se ingresa los datos de los conductores tanto para medio voltaje, cuyos parámetros requeridos son:

- Tipo de construcción.
- Material.
- Tamaño.

- Diámetro interno.
- Diámetro externo.
- RGM que se define como el radio medio geométrico del conductor.
- Capacidad nominal de conducción de corriente.
- Resistencia del conductor.

Los datos ingresados en la plataforma del CYMDIST para creación del equipo conductor se aprecian en la figura N° 3.18.

Figura N° 3.18. INGRESO DE DATOS DEL CONDUCTOR

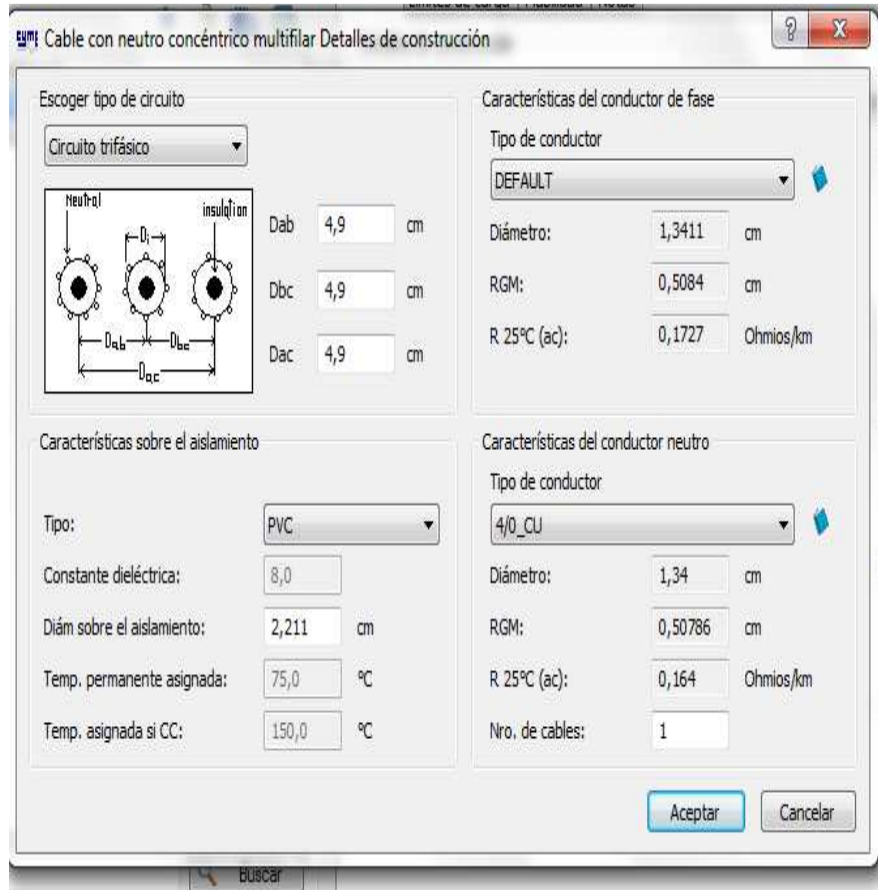
Detalles de construcción			
Palabra código:	<input type="text" value="350_ttu"/>		
Tipo de construcción:	<input type="text" value="Compacto redondo"/>		
Material:	<input type="text" value="Aluminio"/>		
Tamaño:	<input type="text" value="177,0"/>	mm <sup>2</sup>	
Diámetro interno:	<input type="text" value="1,97"/>	cm	
Diámetro externo:	<input type="text" value="2,211"/>	cm	
RGM:	<input type="text" value="0,6633"/>	cm	
Capacidad nominal			
Crte perman. nominal:	<input type="text" value="250"/>	Amps	
Capac. de soporte de cc:	<input type="text" value="250"/>	Amps	
Resistencia			
	ac	cc	
R 25°C:	<input type="text" value="0,1201"/>	<input type="text" value="0,0"/>	Ohmios/km
R 50°C:	<input type="text" value="0,1201"/>	<input type="text" value="0,0"/>	Ohmios/km

Fuente: CYMDIST

Una vez ingresado el conductor es necesario analizar la posición de los conductores para la determinación de la reactancia del conductor.

Al tratarse de una red subterránea el programa CYMDIST permite escoger la configuración en ducto de los conductores como se muestra en la figura N° 3.19.

Figura N° 3.19. INGRESO DE DATOS DEL CONDUCTOR



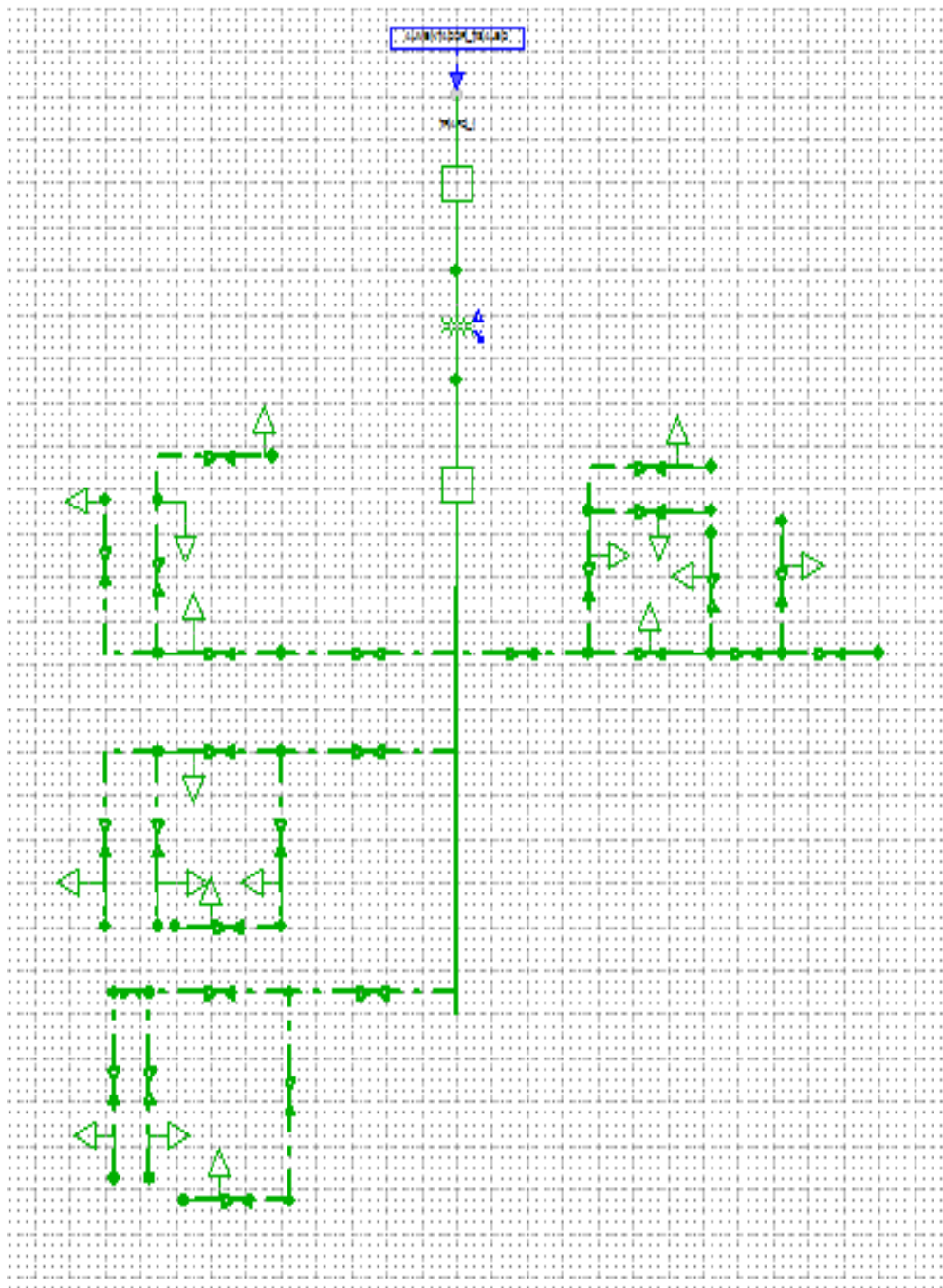
Fuente: CYMDIST

Como se puede apreciar a más de la disposición de los conductores, se considera también el tipo de aislamiento y el conductor neutro.

Se considera además las protecciones tanto para medio y bajo voltaje que el análisis anterior se determinó de 15 A y 700 A respectivamente.

Una vez creado los equipos que se utiliza para el trazado de la red se procede a dibujar los circuitos de cada transformador considerando las distancias de cada tramo que se determinaron en el cómputo de caídas de voltaje como se indica en la figura N° 3.20.

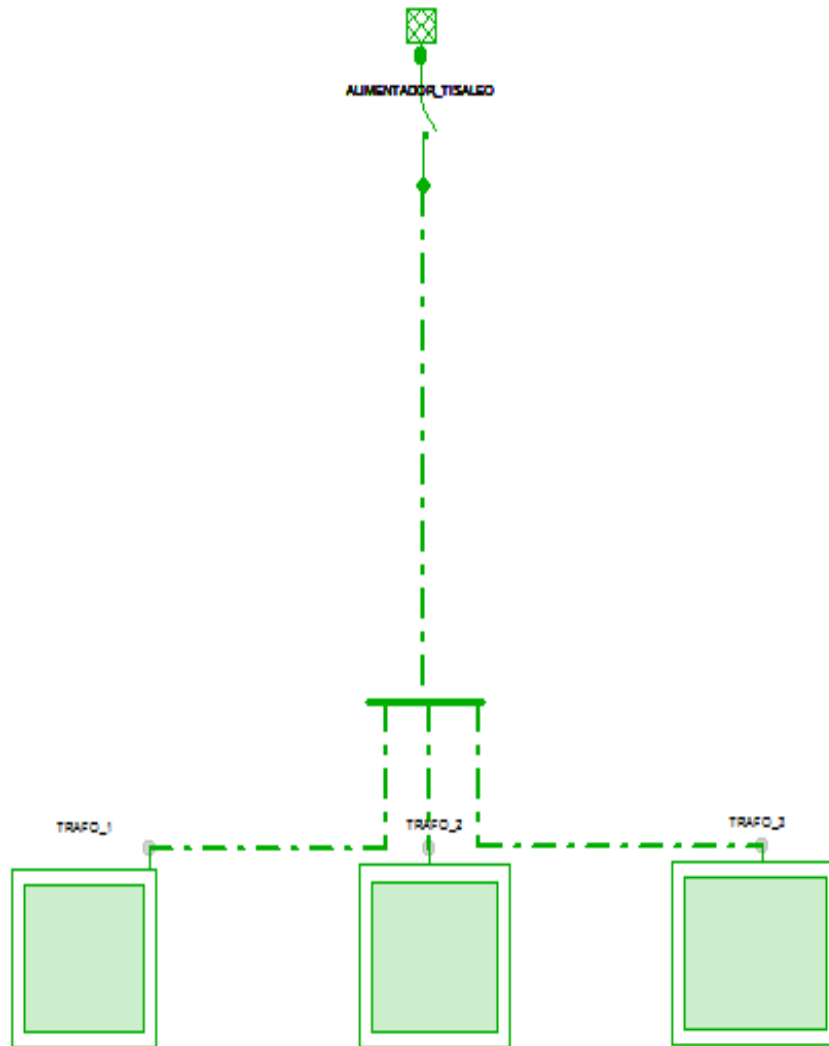
Figura N° 3.21. TRAZADO DE REDES SECUNDARIAS



Fuente: CYMDIST

Al trazar todos los circuitos de bajo voltaje con sus respectivas cargas concentradas en cada tramo se procede a trazar la red medio voltaje la misma que se muestra en la figura N° 3.22.

Figura N° 3.22. TRAZADO DE RED PRIMARIA

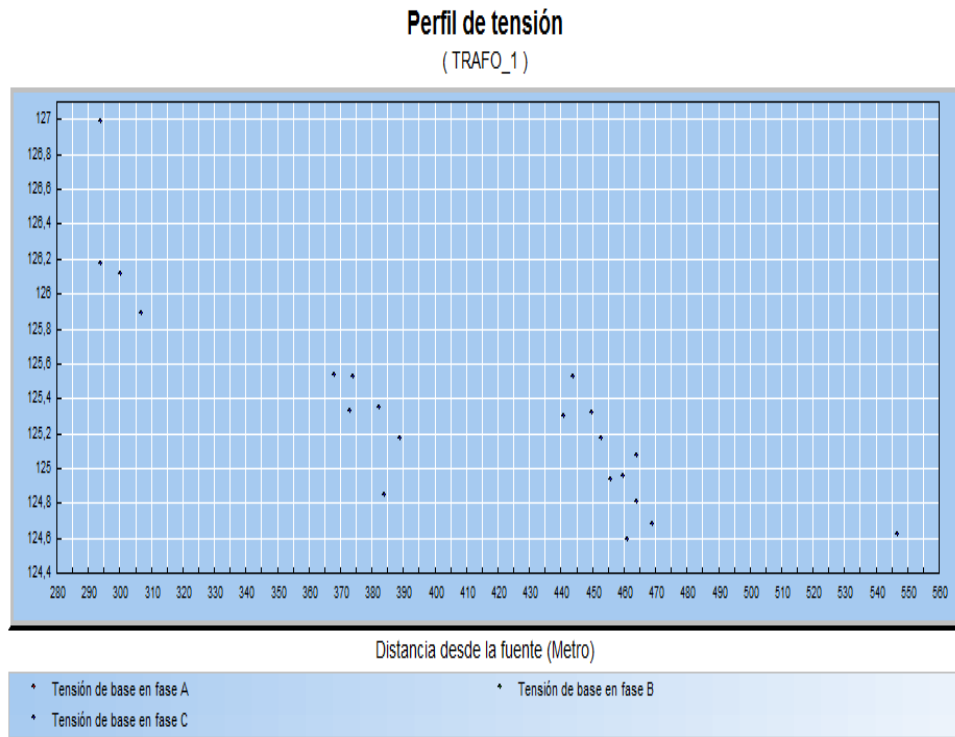


Fuente: CYMDIST

Al ingresar el tendido de la red tanto de bajo y de medio voltaje CYMDIST facilita la obtención de los diagramas unifilares de cada transformador los cuales se aprecian en el anexo N° 10.

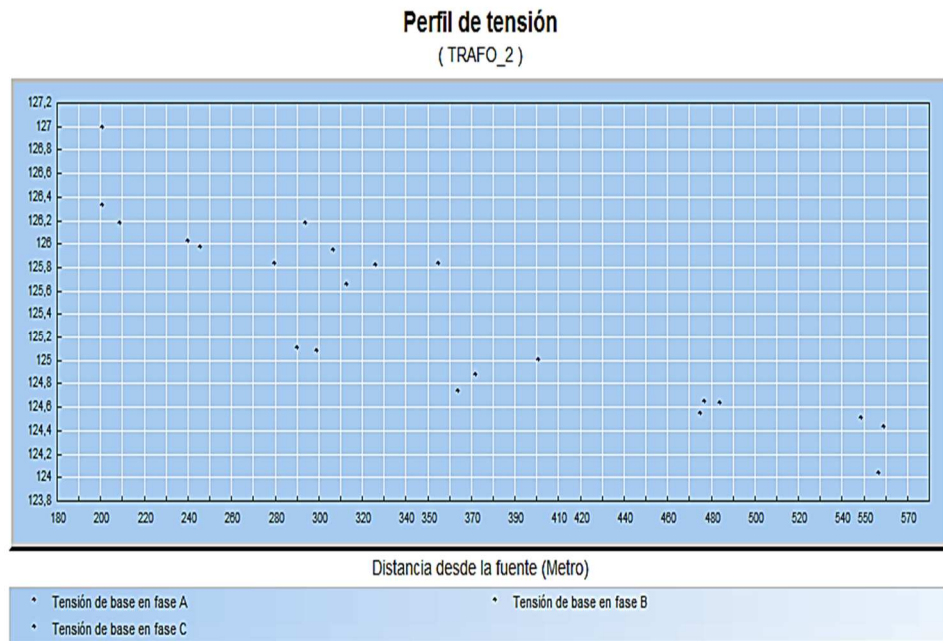
Al realizar la simulación de las redes se obtienen los perfiles de voltaje en función de la distancia en metros, los cuales se aprecian en las siguientes figuras.

Figura N° 3.23. PERFIL DE VOLTAJE TRANSFORMADOR 1



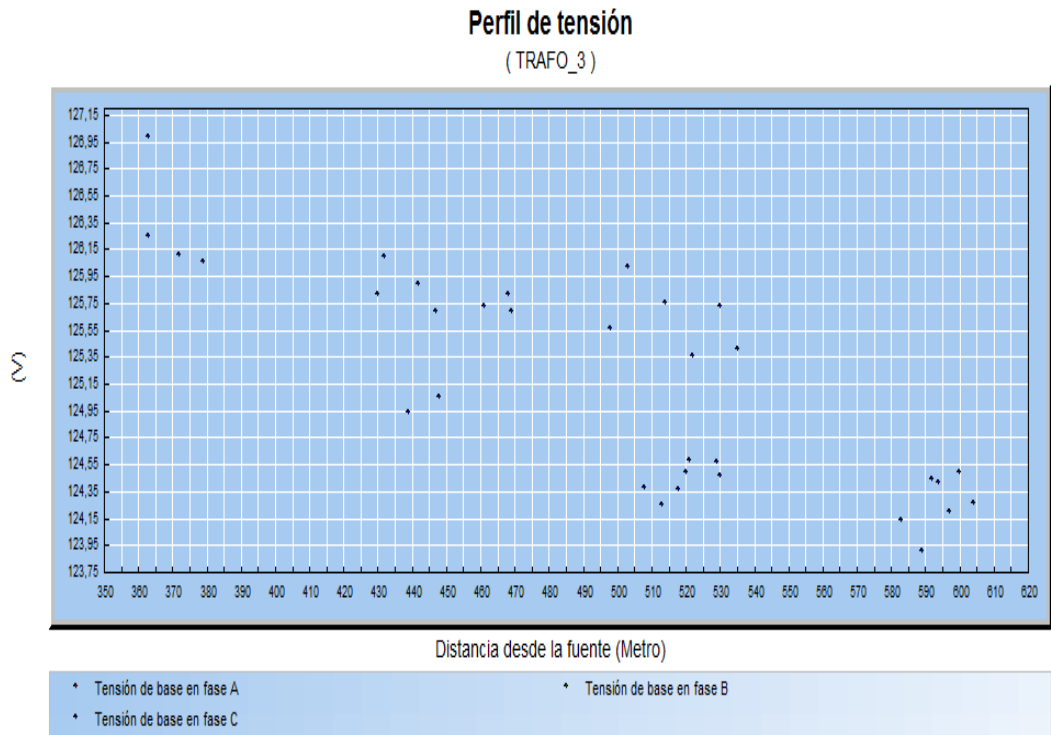
Fuente: CYMDIST

Figura N° 3.24. PERFIL DE VOLTAJE TRANSFORMADOR 2



Fuente: CYMDIST

Figura N° 3.25. PERFIL DE VOLTAJE TRANSFORMADOR 3



Fuente: CYMDIST

Los reportes en cuanto a caídas de voltaje cargabilidad de transformadores y de conductores se presenta en el anexo N° 11.

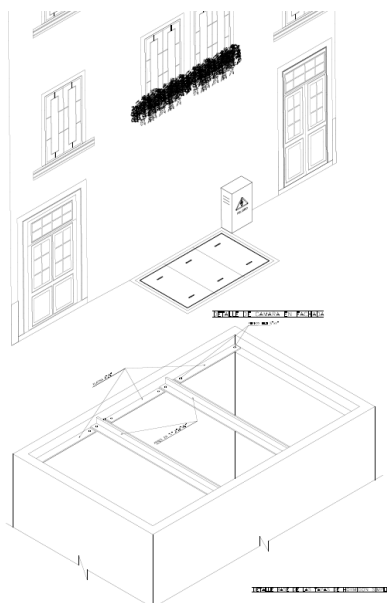
### 3.13. OBRAS CIVILES.

#### 3.13.1. Cámaras de transformación.

El diseño de las cámaras de transformación, en cuanto a la obra civil, se establecen según el tipo de transformador que se seleccione, que en el estudio se seleccionó transformadores sumergibles por que la cámara de transformación será tipo bóveda de acuerdo a las dimensiones del transformador.

Las bóvedas tipo donde se alojaran los transformadores se presentan en la figura 3.26.

Figura N° 3.26. CÁMARA DE TRANSFORMACIÓN TIPO BÓVEDA.



Fuente: EEASA

Las especificaciones de la bóveda en que se alojarán los transformadores se muestran en el anexo N° 12.

Cabe recalcar que el transformador sumergible tiene todos sus terminales de conexión en la parte superior por lo que facilita su mantenimiento.

### ***3.13.2. Canalización.***

Una vez analizado la red de distribución primaria y secundaria óptima se procede a establecer la canalización por donde se realizará el tendido de la red.

#### ***3.13.2.1. Canalización de redes primarias.***

Analizando la geografía urbanística del lugar se establece el uso de canalización bajo acera y bajo calzada, la misma que iniciará en el bajante de la transición área-subterránea ubicada en el poste N° 41460 siguiendo por la vía Cacique Tisaleo hasta llegar a la cámara de transformación 1, de donde se distribuye a la cámara de

transformación 2 siguiendo al norte de la vía Juan Montalvo y a la cámara de transformación 3 siguiendo al sur de la misma.

La ruta de canalización de redes primarias se aprecia en el anexo N° 13.

#### **3.13.2.2. Pozos.**

Los pozos que formaran parte de la canalización de las redes primaria estarán conformados por:

- Un triducto de tubería PVC de 50 mm de diámetro para acometidas y alumbrado público.
- Dos tubos PVC de 110 mm de diámetro para las redes secundarias de bajo voltaje, en los casos que sea necesario se utilizarán 4 tubos de 110 mm debido al número de circuitos que cruzan por el pozo.
- Dos tubos PVC de 110 mm de diámetro para las redes de medio voltaje.

Las especificaciones de las zanjas y pozos utilizados en las redes primarias se muestran en el anexo N° 14.

#### **3.13.2.3. Canalización de redes secundarias.**

Al igual que la canalización de redes primarias las redes secundarias estarán bajo acera y calzada, debido a las construcciones fuera de la línea de fábrica.

La ruta de canalización de las redes secundarias se encuentra siguiendo ambos lados de las vías dando facilidad a la instalación de las diferentes acometidas, como se aprecian en el anexo N° 15.

#### **3.13.2.4. Pozos.**

Los pozos que formaran parte de la canalización de las redes primaria estarán conformados por:

- Un triducto de tubería PVC de 50 mm de diámetro para acometidas y alumbrado público.
- Dos tubos PVC de 110 mm de diámetro para las redes de bajo voltaje, en los casos que sea necesario como en las salidas de las cámaras de transformación y en los cruces de más de dos circuitos se utilizarán 4 tubos PVC de 110 mm.

Las especificaciones de las zanjas y pozos utilizados en las redes secundarias se muestran en el anexo N° 16.

#### **3.13.2.5. Acometidas y alumbrado público.**

Las canalizaciones de acometidas y alumbrado público se instalaran del pozo más cercano por donde esté pasando la red secundaria con manguera reforzada de dos pulgadas.

La ruta de canalización de alumbrado público depende de la ubicación de luminarias, la ubicación y ruta de canalización de alumbrado público se aprecian en el anexo N° 17.

### **3.14. ANÁLISIS ECONÓMICO.**

Para el presente diseño de la red subterránea se presenta un análisis económico de la factibilidad de la utilización de los materiales especificados en el diseño.

Se analizan además los beneficios sociales que trae la aplicación del diseño en cuanto al embellecimiento urbanístico del lugar.

Se establece además un presupuesto referencial en cuanto a la adquisición de materiales y equipos.

#### ***3.14.1. Material de conductores.***

La factibilidad de utilizar conductores de aluminio se representa en primera instancia en la parte técnica, ya que el conductor utilizado en el análisis de caídas de voltaje cumple con los requerimientos establecidos por la EEASA en sus Guías de Diseño.

El aspecto económico en cuanto a la utilización de conductores de aluminio tiene una gran ventaja puesto que los conductores de este tipo son más baratos comparados con los conductores de cobre utilizados normalmente

El análisis comparativo de costos de conductores se lo realizó con los precios referenciales proporcionados por el Departamento de Diseño y Construcción de la EEASA, presentados en el anexo N° 18.

Al analizar los costos totales de los conductores de aluminio y cobre se establece que, con el conductor de aluminio se genera un ahorro de \$ 309.908,00 lo que representa un diseño factible económicamente.

#### ***3.14.2. Beneficio social.***

El beneficio social que representa este diseño es el de recuperar la belleza arquitectónica del Centro del Cantón Tisaleo, ya que las redes aéreas áreas existentes provocan un desfavorable impacto visual al lugar, como se indica en la figura N° 3.27.

Figura N° 3.27. REDES ELÉCTRICAS ACTUALES.



Fuente: Autor

Al rescatar la belleza arquitectónica del lugar se está promoviendo indirectamente al turismo ya que el Cantón Tisaleo se encuentra en las alturas de la Provincia de Tungurahua, en donde se observan los bellos paisajes de las montañas de la Provincia.

En lo que se refiere a la parte técnica la población se beneficia ya que al tener un diseño del sistema eléctrico de la red subterránea se promueve a la inclusión de comercio en el lugar.

### ***3.14.3. Presupuesto referencial.***

Una vez analizado la factibilidad económica acerca de la utilización de conductores de aluminio se establece el presupuesto referencial el cual servirá a la EEASA para la planificación de presupuestos.

Las consideraciones que se tomó en cuenta para realizar el presupuesto referencial son:

- La cantidad de materiales y equipos que se van a utilizar en la construcción de la red subterránea.
- El presupuesto de mano de obra que causará la instalación.
- El presupuesto de obra civil.
- El presupuesto de desmantelamiento de las redes existentes en el área de estudio.

Además el presupuesto referencial total se realizó en base a precios proporcionados por la EEASA los cuales se presenta en el anexo N° 19.

Una vez analizado cada uno de los rubros que intervienen en la red subterránea del centro del Cantón Tisaleo se establece el precio total referencial que es de USD 669.548,8.

## CONCLUSIONES

1. El método de la REA aplicado, permite analizar de manera real el comportamiento del sistema eléctrico considerando los consumos registrados de cada usuario, dando como resultado una demanda actual de 279 kVA, quedando de reserva para una demanda futura el 18% de la capacidad total conectada, que es de 325 kVA.
2. La proyección de la demanda actual a 20 años, la cual fue calculada con un factor de crecimiento del 4.5% basándose en el área de infraestructura construida y lotes baldíos dentro del área de estudio, el incremento de demanda por las cocinas de inducción en los usuarios residenciales que representa un incremento del 29% a la demanda proyectada, y la demanda de alumbrado público son los factores que determinan la capacidad de los transformadores seleccionados de 250 kVA.
3. El nuevo diseño de alumbrado público garantiza una iluminación media de 12.8 luxes con una uniformidad de 0.41 para el tipo de vía que en este caso es de clase 4, considerando además la iluminación de parques y aceras.
4. La utilización de conductores de aluminio para redes subterráneas representa ahorro económico de USD 304.965,00 comparado con la utilización de conductores de cobre cumpliendo con los requerimientos técnicos en cuanto a caídas de voltaje y aspecto constructivo para su instalación en ducto.

## RECOMENDACIONES

1. Para futuros diseño de redes subterráneas se recomienda aplicar la metodología de la REA, ya que al analizar los consumos de los usuarios estamos trabajando con datos reales del comportamiento del sistema.
2. Se recomienda que la tasa de crecimiento se determine en base a las áreas de construcción y lotes baldíos puesto que el área de las zonas centrales de las cabeceras cantonales se encuentra en su mayor parte construida por lo que el porcentaje de crecimiento se asemeja a la realidad.
3. Al considerar el diseño de alumbrado público como nuevo, las luminarias seleccionadas deben garantizar los niveles fotométricos mínimos de acuerdo al tipo de vía a iluminar y presentar un diseño estético ornamental, rescatando así la belleza arquitectónica del lugar de aplicación.
4. Para futuros diseños de redes subterráneas se recomienda la utilización de conductores de aluminio ya que cumple con los requerimientos técnicos que exige la normativa del MEER y reduce considerablemente el presupuesto del proyecto.

## BIBLIOGRAFÍA

- **Bibliografía citada.**
- CAMPOVERDE, D. y SÁNCHEZ, J., 2012. *Determinación de la demanda en transformadores, para los servicios de comercialización en base a los usos de energía, en la Empresa Eléctrica Regional CENTROSUR para la ciudad de Cuenca*. Cuenca: Universidad de Cuenca. (pág. 62).
- DUCHICELA, L., 2015. *Diseño y análisis técnico económico de la red de distribución eléctrica subterránea de la Av. Manuel Córdova Galarza para la Empresa Eléctrica Quito* [en línea]. Quito: Escuela Politécnica Nacional. (págs. 9, 18,15)
- EEASA, 2011a. *Guías de diseño-Parte 3*. Ambato: Empresa Eléctrica Ambato. (págs.2,15)
- EEASA, 2011b. *Guías de diseño-Parte 4*. Ambato: Empresa Eléctrica Ambato. (pág.10)
- GIL, J.M. y MINASSIAN, M.R., 2009. *Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior: y sus instrucciones técnicas complementarias EA-01 a EA-07*. S.l.: Editorial Paraninfo. ISBN 978-84-283-3201-9. (pág. 69)
- MÁRQUEZ, R.G., 1990. *La Puesta a tierra de instalaciones eléctricas y el R.A.T*. S.l.: Marcombo. ISBN 84-267-0799-8. (pág. 11)
- MEER, 2011. *Manual de construcción redes subterráneas*. 2011. S.l.. PDF. (pág. 4)
- MEER, 2013a. *Manual de construcción del sistema de distribución eléctrica de redes subterráneas*. Quito: Ministerio de Electricidad y Energía Renovable. (pág. 30)
- MEER, 2014. *RESUMEN EJECUTIVO-PEC*. S.l.: Ministerio de Electricidad y Energía Renovable. (pág. 1)
- MUYULEMA, P., 2015. *ALTERNATIVA METODOLÓGICA PARA DETERMINAR LA DEMANDA DE ENERGÍA DE COCCIÓN POR INDUCCIÓN*. , no. 1, pp. 2. (pág. 1)
- MERCADO, A.G., 2009. *Manual de técnicas de investigación para estudiantes de ciencias sociales y humanidades*. S.l.: El Colegio de México AC. ISBN 978-968-12-1298-8. (pág. 65)

- NAMAKFOROOSH, M.N., 2000. *Metodología de la investigación*. S.l.: Editorial Limusa. ISBN 978-968-18-5517-8. (pág. 30)
- NARANJO, A., 2008. *Proyecto del sistema de distribución eléctrico. Procesamiento e interpretación*. S.l.: Equinoccio. ISBN 978-980-237-224-9. (págs. 20,24)
- RAMÍREZ, S.R., 2004. *Redes de Distribucion de Energia*. S.l.: Univ. Nacional de Colombia. ISBN 978-958-9322-86-4. (págs. 7, 21, 25, 27)
- SALKIND, N.J., 2006. *Metodología de la investigación: para administración, economía, humanidades y ciencias sociales*. S.l.: Pearson Educación. ISBN 978-970-26-0645-1. (pág. 56)

- ***Bibliografía consultada.***

- CIENTÍFICOS, A., 2012. Factor de Diversidad. *Máquinas Eléctricas*.
- ELECTROCABLES, 2011. *Catálogo de Productos*. Guayaquil-Ecuador: s.n.
- MEER, 2013b. Marco Teórico para la homologación de las unidades de propiedad y unidades de construcción del sistema de distribución eléctrica de redes subterráneas. Quito: Ministerio de Electricidad y Energía Renovable.
- REALPE, L., 2009. *Diseño eléctrico de la red subterránea para el casco comercial de la ciudad de Santo Domingo de los Colorados*. Santo Domingo de los Colorados: Escuela Politécnica Nacional.
- RTE-101, 2014. Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE-101 Artefacto electrodomésticos para cocinas de inducción. Quito: Ministerio de Industria y Productividad.
- VIZUETE, W., 1998. *Estudio de demanda para el sistema de la Empresa Eléctrica Riobamba S.A. en sectores residenciales*. [en línea]. Quito: Escuela Politécnica Nacional.

- ***Bibliografía electrónica.***

- CENTER FOR HISTORY AND NEW MEDIA, [sin fecha]. Guía rápida. [en línea]. Disponible en: [http://zotero.org/support/quick\\_start\\_guide](http://zotero.org/support/quick_start_guide).
- CYME, I., 2015. CYME International Inc. - Home. [en línea]. [Consulta: 15 julio 2015]. Disponible en: <http://www.cyme.com/>.

- DIAL, 2015. DIAL. *DIAL GmbH* [en línea]. [Consulta: 16 febrero 2016]. Disponible en: <http://www.dial.de/DIAL/es/home.html>.
- INICIO | Empresa Eléctrica Ambato. [en línea], [sin fecha]. [Consulta: 9 diciembre 2015]. Disponible en: <http://www.eeasa.com.ec/index.php?id=1>.
- RYMEL, 2013. Transformadores Ocasionalmente Sumergibles. [en línea]. [Consulta: 31 diciembre 2015]. Disponible en: <http://www.rymel.com.co/index.php/productos/transformadores-ocasionalmente-sumergibles>.

***ANEXOS.***

**ANEXO N° 1. BASE DE DATOS DEPARTAMENTO COMERCIAL-EEASA**

<b>CUENTA</b>	<b>TARIFA</b>	<b>TRAFO</b>	<b>ENERGÍA DE REGISTRO</b>	<b>PROMEDIO (kWh)</b>
786	COMERCIAL SIN DEMANDA	7894	ACTIVA	202,83
20492	COMERCIAL SIN DEMANDA	5533	ACTIVA	193,92
20494	RESIDENCIAL	7160	ACTIVA	94,83
20495	COMERCIAL SIN DEMANDA	5411	ACTIVA	124,75
20496	RESIDENCIAL	1586	ACTIVA	113,08
20497	RESIDENCIAL	0	ACTIVA	150,58
20498	RESIDENCIAL	5533	ACTIVA	203,42
20499	RESIDENCIAL	5533	ACTIVA	85,17
20500	RESIDENCIAL	7894	ACTIVA	458,67
20501	COMERCIAL SIN DEMANDA	5533	ACTIVA	740,17
20505	COMERCIAL SIN DEMANDA	5533	ACTIVA	121,75
20506	RESIDENCIAL	0	ACTIVA	1,33
20507	RESIDENCIAL	0	ACTIVA	26,42
20508	RESIDENCIAL	0	ACTIVA	90,75
20509	RESIDENCIAL	0	ACTIVA	155,33
20510	RESIDENCIAL	0	ACTIVA	205,58
20512	RESIDENCIAL	0	ACTIVA	144,83
20513	RESIDENCIAL	0	ACTIVA	0,42
20514	RESIDENCIAL	0	ACTIVA	35,17
20515	RESIDENCIAL		ACTIVA	112,15
20516	RESIDENCIAL		ACTIVA	78
20519	RESIDENCIAL	5533	ACTIVA	177,25
20520	RESIDENCIAL	5533	ACTIVA	6,75
20521	RESIDENCIAL	0	ACTIVA	27,5
20522	RESIDENCIAL	0	ACTIVA	74,5
20524	COMERCIAL SIN DEMANDA	0	ACTIVA	406
20525	RESIDENCIAL	7894	ACTIVA	91,83
20526	RESIDENCIAL	0	ACTIVA	11,33
20527	RESIDENCIAL	7894	ACTIVA	185,67
20528	RESIDENCIAL	7894	ACTIVA	44
20529	RESIDENCIAL	7894	ACTIVA	215,33
20530	RESIDENCIAL	5697	ACTIVA	72,5
20531	RESIDENCIAL	5697	ACTIVA	59,83
20532	RESIDENCIAL	5697	ACTIVA	5,5
20533	RESIDENCIAL	5697	ACTIVA	61,5
20534	RESIDENCIAL	5697	ACTIVA	16,58
20535	RESIDENCIAL	22218	ACTIVA	98,83
20537	RESIDENCIAL	0	ACTIVA	318,25

<b>20538</b>	RESIDENCIAL	0	ACTIVA	103,58
<b>20539</b>	INDUSTRIAL ARTESANAL	5697	ACTIVA	377,5
<b>20540</b>	ASISTENCIA SOCIAL SIN DEMANDA	5697	ACTIVA	823
<b>20542</b>	RESIDENCIAL	0	ACTIVA	262,42
<b>20543</b>	COMERCIAL SIN DEMANDA	7160	ACTIVA	125,33
<b>20546</b>	RESIDENCIAL	0	ACTIVA	152,25
<b>20547</b>	RESIDENCIAL	0	ACTIVA	96,67
<b>20548</b>	RESIDENCIAL	0	ACTIVA	22,33
<b>20549</b>	RESIDENCIAL	0	ACTIVA	99,5
<b>20550</b>	RESIDENCIAL	1586	ACTIVA	176,5
<b>20552</b>	RESIDENCIAL	5697	ACTIVA	116,75
<b>20553</b>	RESIDENCIAL	5697	ACTIVA	39,33
<b>20554</b>	RESIDENCIAL	0	ACTIVA	63,92
<b>20555</b>	RESIDENCIAL	0	ACTIVA	109,75
<b>20556</b>	RESIDENCIAL	0	ACTIVA	32,17
<b>20557</b>	RESIDENCIAL	5697	ACTIVA	3,67
<b>20558</b>	RESIDENCIAL	0	ACTIVA	96,75
<b>20559</b>	RESIDENCIAL	0	ACTIVA	84,33
<b>20560</b>	BENEFICIO PUBLICO SIN DEMANDA	1586	ACTIVA	214,5
<b>20561</b>	RESIDENCIAL	0	ACTIVA	53,92
<b>20568</b>	RESIDENCIAL	0	ACTIVA	21,5
<b>20569</b>	RESIDENCIAL	5697	ACTIVA	28,33
<b>20593</b>	RESIDENCIAL	0	ACTIVA	125,67
<b>52818</b>	RESIDENCIAL	5533	ACTIVA	39,5
<b>54279</b>	BENEFICIO PUBLICO SIN DEMANDA	1494	ACTIVA	1288,08
<b>55477</b>	RESIDENCIAL	1586	ACTIVA	80
<b>57737</b>	BENEFICIO PUBLICO SIN DEMANDA	1494	ACTIVA	587,67
<b>58220</b>	RESIDENCIAL	0	ACTIVA	86,5
<b>61511</b>	INDUSTRIAL ARTESANAL	7894	ACTIVA	144,67
<b>70789</b>	INDUSTRIAL ARTESANAL	5697	ACTIVA	119,17
<b>72414</b>	RESIDENCIAL	0	ACTIVA	11,67
<b>75700</b>	RESIDENCIAL - PROGRAMA PEC	0	ACTIVA	300,54
<b>77573</b>	RESIDENCIAL	0	ACTIVA	14
<b>77618</b>	RESIDENCIAL	0	ACTIVA	239,83
<b>78486</b>	RESIDENCIAL	7160	ACTIVA	93,92
<b>83826</b>	RESIDENCIAL	7160	ACTIVA	21,25
<b>84653</b>	INDUSTRIAL ARTESANAL	5533	ACTIVA	1183,33
<b>84962</b>	RESIDENCIAL	7894	ACTIVA	32,75
<b>87108</b>	RESIDENCIAL	1586	ACTIVA	18,5
<b>87319</b>	RESIDENCIAL	0	ACTIVA	62,17
<b>87465</b>	RESIDENCIAL - PROGRAMA PEC	0	ACTIVA	140,17

<b>87506</b>	RESIDENCIAL		ACTIVA	1,53
<b>87515</b>	RESIDENCIAL	0	ACTIVA	106,58
<b>88381</b>	RESIDENCIAL	5697	ACTIVA	104,08
<b>88382</b>	OFICIAL SIN DEMANDA	7894	ACTIVA	0
<b>88385</b>	RESIDENCIAL - PROGRAMA PEC	0	ACTIVA	27,83
<b>92292</b>	RESIDENCIAL	3089	ACTIVA	60,75
<b>93285</b>	RESIDENCIAL	0	ACTIVA	36,67
<b>93286</b>	RESIDENCIAL	0	ACTIVA	105,67
<b>94654</b>	RESIDENCIAL	1586	ACTIVA	83,5
<b>94655</b>	COMERCIAL SIN DEMANDA	5411	ACTIVA	128,58
<b>95335</b>	RESIDENCIAL	5411	ACTIVA	126,75
<b>95839</b>	RESIDENCIAL	0	ACTIVA	33
<b>95844</b>	RESIDENCIAL	0	ACTIVA	60,92
<b>96106</b>	OFICIAL CON DEMANDA	5533	ACTIVA	33,5
<b>97380</b>	RESIDENCIAL	0	ACTIVA	157,17
<b>97864</b>	RESIDENCIAL	7160	ACTIVA	126,92
<b>103658</b>	RESIDENCIAL	7160	ACTIVA	145,58
<b>105508</b>	OFICIAL SIN DEMANDA	5697	ACTIVA	9,92
<b>105600</b>	RESIDENCIAL	0	ACTIVA	118,75
<b>106194</b>	RESIDENCIAL	7894	ACTIVA	39,08
<b>110267</b>	COMERCIAL SIN DEMANDA	1586	ACTIVA	99,5
<b>110382</b>	COMERCIAL SIN DEMANDA	1586	ACTIVA	218,5
<b>112331</b>	RESIDENCIAL	0	ACTIVA	159,83
<b>112345</b>	RESIDENCIAL - PROGRAMA PEC	0	ACTIVA	223,42
<b>114019</b>	RESIDENCIAL	0	ACTIVA	12,5
<b>114868</b>	RESIDENCIAL	0	ACTIVA	24,58
<b>116126</b>	RESIDENCIAL	0	ACTIVA	130,25
<b>117119</b>	RESIDENCIAL	7894	ACTIVA	828,33
<b>117342</b>	INDUSTRIAL ARTESANAL	3089	ACTIVA	103,17
<b>117438</b>	RESIDENCIAL	0	ACTIVA	174
<b>117441</b>	RESIDENCIAL	0	ACTIVA	144,17
<b>117820</b>	RESIDENCIAL	5697	ACTIVA	86,17
<b>118557</b>	INDUSTRIAL ARTESANAL	5533	ACTIVA	26,17
<b>122371</b>	RESIDENCIAL	0	ACTIVA	85,25
<b>122551</b>	RESIDENCIAL	1586	ACTIVA	64,92
<b>122602</b>	RESIDENCIAL	5533	ACTIVA	112,17
<b>124714</b>	INDUSTRIAL ARTESANAL	3089	ACTIVA	699,08
<b>125325</b>	RESIDENCIAL	5533	ACTIVA	127
<b>127663</b>	COMERCIAL SIN DEMANDA	7894	ACTIVA	177,08
<b>127784</b>	RESIDENCIAL	0	ACTIVA	86,5
<b>128268</b>	RESIDENCIAL	1586	ACTIVA	79,25

<b>128575</b>	COMERCIAL SIN DEMANDA	1586	ACTIVA	203
<b>129074</b>	CULTOS RELIG. BAJA TENSION	1586	ACTIVA	291,67
<b>129439</b>	RESIDENCIAL	7160	ACTIVA	25,08
<b>129471</b>	OFICIAL CON DEMANDA	7894	ACTIVA	1140,92
<b>130422</b>	RESIDENCIAL	7160	ACTIVA	0
<b>131708</b>	RESIDENCIAL	5697	ACTIVA	67,33
<b>131906</b>	RESIDENCIAL	5411	ACTIVA	134,33
<b>132268</b>	INDUSTRIAL ARTESANAL	7160	ACTIVA	206,08
<b>132647</b>	RESIDENCIAL	1586	ACTIVA	32,33
<b>132988</b>	RESIDENCIAL	1586	ACTIVA	85,58
<b>133196</b>	RESIDENCIAL	5411	ACTIVA	107,17
<b>133356</b>	RESIDENCIAL	3089	ACTIVA	102,75
<b>133431</b>	RESIDENCIAL	0	ACTIVA	467,92
<b>134106</b>	RESIDENCIAL	7160	ACTIVA	427,83
<b>135669</b>	BENEFICIO PUBLICO SIN DEMANDA	5411	ACTIVA	108,33
<b>136543</b>	RESIDENCIAL	0	ACTIVA	129
<b>136848</b>	RESIDENCIAL	3089	ACTIVA	521,75
<b>138560</b>	RESIDENCIAL		ACTIVA	246,53
<b>138777</b>	RESIDENCIAL	1494	ACTIVA	189,92
<b>140302</b>	RESIDENCIAL	1586	ACTIVA	118,75
<b>141859</b>	COMERCIAL SIN DEMANDA	7894	ACTIVA	667,75
<b>142001</b>	COMERCIAL SIN DEMANDA	7894	ACTIVA	14,17
<b>142505</b>	COMERCIAL SIN DEMANDA	0	ACTIVA	199
<b>142519</b>	COMERCIAL SIN DEMANDA	7894	ACTIVA	89,67
<b>142940</b>	INDUSTRIAL ARTESANAL	5533	ACTIVA	283,75
<b>143050</b>	RESIDENCIAL	0	ACTIVA	121,5
<b>144109</b>	RESIDENCIAL	0	ACTIVA	105,67
<b>144356</b>	RESIDENCIAL	1586	ACTIVA	39,75
<b>146074</b>	RESIDENCIAL	5533	ACTIVA	128,33
<b>147060</b>	RESIDENCIAL	7160	ACTIVA	87,92
<b>148162</b>	INDUSTRIAL ARTESANAL	7894	ACTIVA	20,83
<b>148504</b>	INDUSTRIAL ARTESANAL	7160	ACTIVA	209,33
<b>188634</b>	RESIDENCIAL	5533	ACTIVA	19,17
<b>188635</b>	COMERCIAL SIN DEMANDA	5533	ACTIVA	12,75
<b>189407</b>	RESIDENCIAL	1586	ACTIVA	62,83
<b>189578</b>	INDUSTRIAL ARTESANAL	5533	ACTIVA	73,08
<b>189738</b>	INDUSTRIAL ARTESANAL	3089	ACTIVA	130,75
<b>190209</b>	COMERCIAL SIN DEMANDA	0	ACTIVA	137,83
<b>190447</b>	INDUSTRIAL ARTESANAL	0	ACTIVA	92,33
<b>193267</b>	RESIDENCIAL	0	ACTIVA	196,08
<b>193281</b>	COMERCIAL SIN DEMANDA	0	ACTIVA	26,5

<b>193479</b>	INDUSTRIAL CON DEMANDA BAJA TENSION	5697	ACTIVA	491,42
<b>193913</b>	RESIDENCIAL	3089	ACTIVA	48,83
<b>194084</b>	ASISTENCIA SOCIAL SIN DEMANDA	7160	ACTIVA	403,58
<b>194100</b>	RESIDENCIAL - PROGRAMA PEC	0	ACTIVA	36,33
<b>194101</b>	RESIDENCIAL	0	ACTIVA	89,67
<b>194593</b>	RESIDENCIAL	1494	ACTIVA	143,83
<b>195066</b>	INDUSTRIAL CON DEMANDA BAJA TENSION	0	ACTIVA	1448,08
<b>195359</b>	RESIDENCIAL	7160	ACTIVA	100,17
<b>195377</b>	RESIDENCIAL	0	ACTIVA	135,08
<b>196110</b>	RESIDENCIAL	5533	ACTIVA	80,08
<b>197978</b>	RESIDENCIAL	5697	ACTIVA	88,5
<b>198214</b>	RESIDENCIAL	0	ACTIVA	17,17
<b>198460</b>	RESIDENCIAL	0	ACTIVA	349,92
<b>198732</b>	RESIDENCIAL	7894	ACTIVA	266,92
<b>199158</b>	RESIDENCIAL		ACTIVA	83,46
<b>199433</b>	COMERCIAL SIN DEMANDA	7894	ACTIVA	119,17
<b>199713</b>	RESIDENCIAL	0	ACTIVA	24,17
<b>201727</b>	RESIDENCIAL	0	ACTIVA	192,75
<b>202447</b>	RESIDENCIAL	7894	ACTIVA	64,17
<b>202540</b>	OFICIAL CON DEMANDA	7894	ACTIVA	2173,25
<b>202665</b>	COMERCIAL SIN DEMANDA	0	ACTIVA	35,83
<b>202807</b>	RESIDENCIAL	0	ACTIVA	109,92
<b>202866</b>	RESIDENCIAL	0	ACTIVA	152,5
<b>203221</b>	RESIDENCIAL	0	ACTIVA	163,92
<b>204611</b>	RESIDENCIAL		ACTIVA	431,76
<b>204626</b>	RESIDENCIAL	0	ACTIVA	105,17
<b>206951</b>	RESIDENCIAL	1494	ACTIVA	146,92
<b>207667</b>	RESIDENCIAL - PROGRAMA PEC	0	ACTIVA	353,83
<b>208979</b>	RESIDENCIAL - PROGRAMA PEC	0	ACTIVA	82,58
<b>211245</b>	RESIDENCIAL - PROGRAMA PEC	0	ACTIVA	104,58
<b>212502</b>	RESIDENCIAL	0	ACTIVA	108,67
<b>213550</b>	INDUSTRIAL ARTESANAL	1586	ACTIVA	386,17
<b>213587</b>	COMERCIAL SIN DEMANDA	0	ACTIVA	88,83
<b>214233</b>	RESIDENCIAL	0	ACTIVA	106,17
<b>215156</b>	COMERCIAL SIN DEMANDA	7160	ACTIVA	52,75
<b>215157</b>	COMERCIAL SIN DEMANDA	7160	ACTIVA	358,33
<b>215158</b>	COMERCIAL SIN DEMANDA	7160	ACTIVA	388,25
<b>216366</b>	COMERCIAL SIN DEMANDA	7160	ACTIVA	166,83
<b>216367</b>	COMERCIAL SIN DEMANDA	7160	ACTIVA	0,33
<b>216405</b>	RESIDENCIAL	0	ACTIVA	382,67
<b>216407</b>	RESIDENCIAL	7160	ACTIVA	1,75

<b>217016</b>	INDUSTRIAL ARTESANAL	1494	ACTIVA	1180,67
<b>219061</b>	INDUSTRIAL ARTESANAL		ACTIVA	42,76
<b>219684</b>	RESIDENCIAL	0	ACTIVA	124,33
<b>219690</b>	COMERCIAL SIN DEMANDA	0	ACTIVA	35
<b>220154</b>	INDUSTRIAL ARTESANAL	5697	ACTIVA	17,17
<b>220491</b>	RESIDENCIAL	1494	ACTIVA	70,92
<b>221115</b>	RESIDENCIAL	5533	ACTIVA	163,08
<b>221323</b>	INDUSTRIAL ARTESANAL	7894	ACTIVA	383,42
<b>221765</b>	COMERCIAL SIN DEMANDA	5533	ACTIVA	31
<b>221766</b>	RESIDENCIAL	5533	ACTIVA	55,17
<b>221767</b>	RESIDENCIAL	5533	ACTIVA	24,5
<b>221768</b>	RESIDENCIAL	5533	ACTIVA	37,75
<b>221769</b>	COMERCIAL SIN DEMANDA	5533	ACTIVA	85,58
<b>221770</b>	COMERCIAL SIN DEMANDA	5533	ACTIVA	48,33
<b>221771</b>	COMERCIAL SIN DEMANDA	5533	ACTIVA	79,92
<b>221976</b>	RESIDENCIAL	7894	ACTIVA	117,17
<b>222239</b>	COMERCIAL SIN DEMANDA	7894	ACTIVA	12
<b>222247</b>	RESIDENCIAL	7160	ACTIVA	126,75
<b>222678</b>	RESIDENCIAL	5697	ACTIVA	86,25
<b>222686</b>	COMERCIAL SIN DEMANDA	0	ACTIVA	60,25
<b>222688</b>	RESIDENCIAL		ACTIVA	22
<b>223495</b>	COMERCIAL SIN DEMANDA	5533	ACTIVA	569,83
<b>223681</b>	COMERCIAL SIN DEMANDA	0	ACTIVA	53,67
<b>223903</b>	RESIDENCIAL	0	ACTIVA	98,5
<b>224878</b>	RESIDENCIAL	0	ACTIVA	32,58
<b>224983</b>	RESIDENCIAL	1494	ACTIVA	3
<b>224984</b>	RESIDENCIAL	0	ACTIVA	52,08
<b>225398</b>	RESIDENCIAL	5411	ACTIVA	45,5
<b>227150</b>	OFICIAL SIN DEMANDA		ACTIVA	6,53
<b>227642</b>	COMERCIAL SIN DEMANDA	0	ACTIVA	329,08
<b>227677</b>	OFICIAL SIN DEMANDA	1586	ACTIVA	1073,75
<b>228144</b>	COMERCIAL SIN DEMANDA	0	ACTIVA	435,5
<b>228153</b>	COMERCIAL SIN DEMANDA	0	ACTIVA	840,25
<b>228493</b>	COMERCIAL SIN DEMANDA	1586	ACTIVA	129,67
<b>229141</b>	RESIDENCIAL	1586	ACTIVA	77,58
<b>229306</b>	INDUSTRIAL ARTESANAL	1586	ACTIVA	8,75
<b>230025</b>	RESIDENCIAL	1586	ACTIVA	36,33
<b>230193</b>	RESIDENCIAL	0	ACTIVA	44,83
<b>230557</b>	RESIDENCIAL	0	ACTIVA	42,25
<b>231038</b>	COMERCIAL SIN DEMANDA	0	ACTIVA	151,83
<b>233548</b>	RESIDENCIAL	1586	ACTIVA	90,83

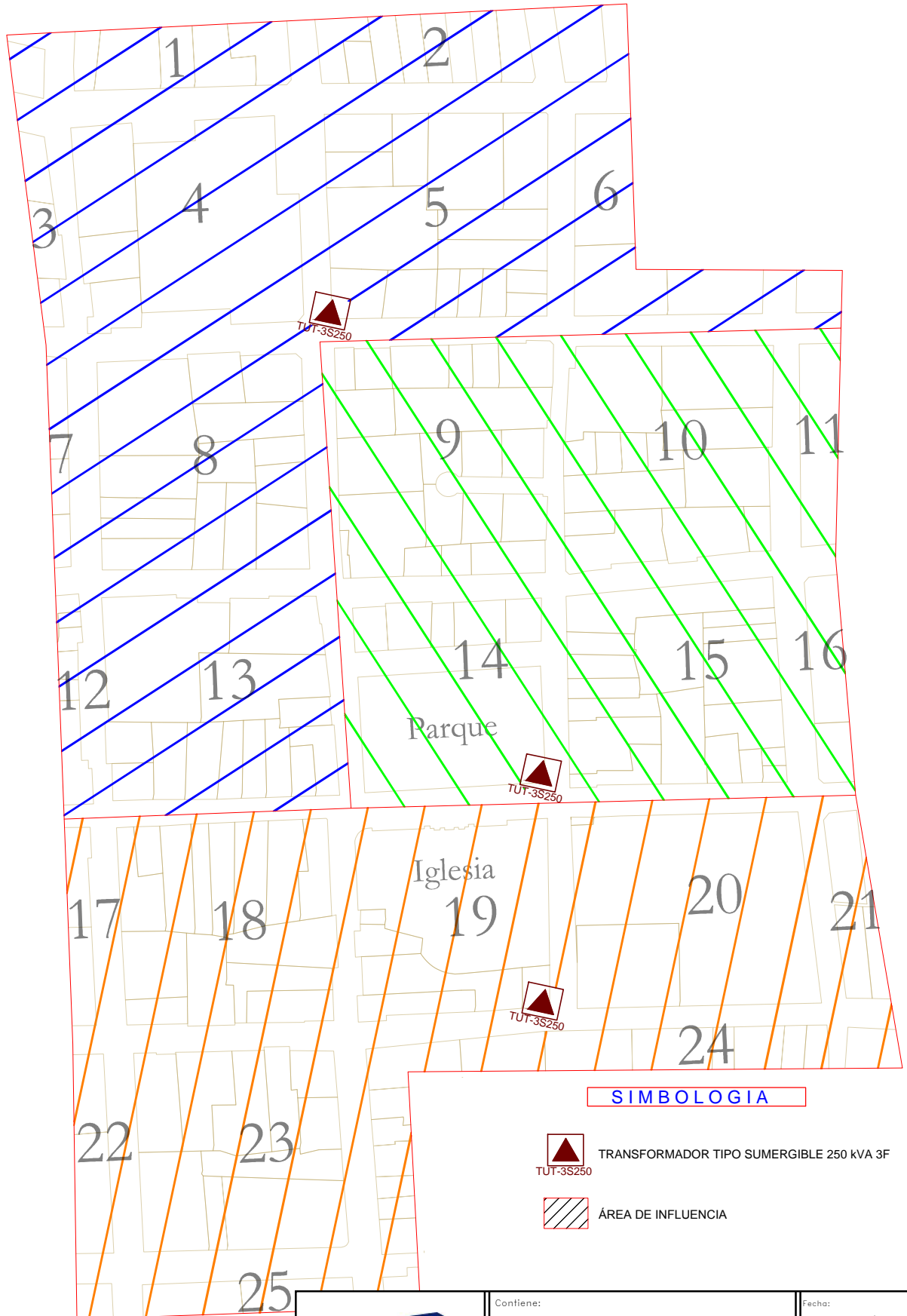
<b>234180</b>	INDUSTRIAL ARTESANAL	1586	ACTIVA	260,58
<b>235809</b>	RESIDENCIAL	1640	ACTIVA	143,58
<b>236368</b>	COMERCIAL SIN DEMANDA	10244	ACTIVA	41,67
<b>236674</b>	RESIDENCIAL	1640	ACTIVA	132,58
<b>236725</b>	RESIDENCIAL	5411	ACTIVA	43,92
<b>237062</b>	RESIDENCIAL	1494	ACTIVA	33,58
<b>237091</b>	RESIDENCIAL	0	ACTIVA	200,17
<b>237426</b>	RESIDENCIAL	1640	ACTIVA	307,92
<b>237991</b>	RESIDENCIAL	7160	ACTIVA	3,5
<b>238173</b>	RESIDENCIAL	5697	ACTIVA	45,08
<b>238290</b>	COMERCIAL SIN DEMANDA	7894	ACTIVA	57
<b>238875</b>	DISCAPACITADOS - RESIDENCIAL	0	ACTIVA	90,75
<b>239720</b>	RESIDENCIAL	1494	ACTIVA	129,58
<b>241983</b>	RESIDENCIAL	0	ACTIVA	0,17
<b>241984</b>	RESIDENCIAL	0	ACTIVA	0,17
<b>241985</b>	RESIDENCIAL	0	ACTIVA	56
<b>243067</b>	RESIDENCIAL	0	ACTIVA	168,6
<b>243701</b>	OFICIAL SIN DEMANDA	0	ACTIVA	94,4
<b>244326</b>	COMERCIAL SIN DEMANDA	0	ACTIVA	41,5
<b>244327</b>	COMERCIAL SIN DEMANDA	0	ACTIVA	3
<b>244328</b>	COMERCIAL SIN DEMANDA	0	ACTIVA	1,75
<b>244329</b>	COMERCIAL SIN DEMANDA	0	ACTIVA	59
<b>244330</b>	COMERCIAL SIN DEMANDA	0	ACTIVA	2,5
<b>244331</b>	COMERCIAL SIN DEMANDA	0	ACTIVA	1
<b>244670</b>	RESIDENCIAL		ACTIVA	62,61
<b>244770</b>	COMERCIAL SIN DEMANDA		ACTIVA	1,92
<b>245805</b>	BENEFICIO PUBLICO SIN DEMANDA		ACTIVA	1,53
<b>245930</b>	COMERCIAL SIN DEMANDA		ACTIVA	0,15

## ANEXO N° 2. CÁLCULO DE LA DEMANDA MÁXIMA COINCIDENTE MEDIANTE LA REA



MANZANA	DEMANDA MÁXIMA COINCIDENTE (DMC) ACTUAL										
	RESIDENCIAL			COMERCIAL			ESPECIAL			TOTAL	
	FACTOR A	FACTOR B	DMC (kW)	FACTOR A	FACTOR B	DMC (kW)	FACTOR A	FACTOR B	DMC (kW)	DMC (kW)	DMC (kVA)
1	0,61	9,57	5,81	0,50	3,16	1,60	0,00	0,00	0,00	7,41	8,05
2	0,54	13,82	7,47	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,47	8,12
3	0,30	9,57	2,85	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,85	3,09
4	0,03	3,16	0,10	0,00	0,00	0,00	0,13	3,16	0,42	0,52	0,57
5	0,28	13,82	3,89	0,90	9,57	8,62	1,09	7,80	8,50	21,01	22,83
6	0,49	7,80	3,79	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,79	4,12
7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30	5,71	1,68	1,68	1,83
8	0,34	25,77	8,88	0,44	20,58	9,08	0,00	0,00	0,00	17,96	19,52
9	0,27	19,51	5,17	0,48	7,80	3,73	3,11	3,16	9,82	18,73	20,35
10	0,32	18,43	5,84	0,63	3,16	1,98	0,81	3,16	2,57	10,40	11,30
11	1,27	3,16	4,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,02	4,37
12	0,40	7,80	3,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,16	3,43
13	0,28	18,43	5,10	0,00	0,00	0,00	0,49	11,12	5,46	10,56	11,48
14	1,27	11,12	14,12	0,80	7,80	6,28	3,12	5,71	17,80	38,21	41,53
15	0,37	17,33	6,39	0,81	16,20	13,14	1,38	9,57	13,17	32,71	35,56
16	0,28	7,80	2,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,22	2,41
17	0,45	5,71	2,58	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,58	2,81
18	0,41	21,63	8,93	0,62	11,12	6,91	1,13	3,16	3,57	19,42	21,11
19	0,34	13,82	4,75	0,00	0,00	0,00	0,64	7,80	4,99	9,74	10,59
20	0,43	3,16	1,36	0,00	0,00	0,00	0,80	5,71	4,57	5,93	6,45
21	0,18	9,57	1,71	0,30	5,71	1,70	0,00	0,00	0,00	3,41	3,71
22	0,40	7,80	3,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,11	3,38
23	0,21	15,03	3,12	0,00	0,00	0,00	1,31	9,57	12,53	15,64	17,00
24	0,40	16,20	6,43	0,14	3,16	0,44	0,00	0,00	0,00	6,87	7,47
25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,25	3,16	7,12	7,12	7,74
<b>TOTAL</b>											278,84

**ANEXO N° 3. CÁLCULO DE LA DEMANDA MÁXIMA COINCIDENTE  
PROYECTADA**

MANZANA	DEMANDA MÁXIMA COINCIDENTE PROYECTADA (DMCp) (kVA)		
	ACTUAL	10 AÑOS	20 AÑOS
	Ti 0%	Ti 2,25%	Ti 2,25%
1	8,05	10,06	12,57
2	8,12	10,15	12,68
3	3,09	3,87	4,83
4	0,57	0,71	0,88
5	22,83	28,52	35,63
6	4,12	5,15	6,44
7	1,83	2,29	2,86
8	19,52	24,38	30,46
9	20,35	25,43	31,76
10	11,30	14,12	17,63
11	4,37	5,47	6,83
12	3,43	4,29	5,36
13	11,48	14,34	17,91
14	41,53	51,88	64,81
15	35,56	44,42	55,49
16	2,41	3,02	3,77
17	2,81	3,50	4,38
18	21,11	26,37	32,94
19	10,59	13,23	16,53
20	6,45	8,06	10,07
21	3,71	4,63	5,78
22	3,38	4,23	5,28
23	17,00	21,24	26,53
24	7,47	9,33	11,65
25	7,74	9,67	12,08
<b>TOTAL</b>	<b>278,84</b>	<b>348,33</b>	<b>435,13</b>



**SIMBOLOGIA**

-  TRANSFORMADOR TIPO SUMERGIBLE 250 KVA 3F
-  ÁREA DE INFLUENCIA



<b>UBICACIÓN CENTROS DE TRANSFORMACIÓN</b>	Contiene:	Fecha:
		MARZO/2016
		Escala:
		1:2000
	Dibujó:	LUIS_CURIPOMA
	Aprobó:	ANEXO_4

<b>ING. ELÉCTRICA</b>  <b>TESIS DE GRADO</b>	DISEÑO		
	Proyectó:	Revisó:	Aprobó:
	LUIS_CURIPOMA	ING._CRISTIAN_ERAZO_EEASA	MSC_HECTOR_BARRERA_TUTOR

## ANEXO N° 5. RESULTADOS FOTOMÉTRICOS PARA CALLE TIPO.

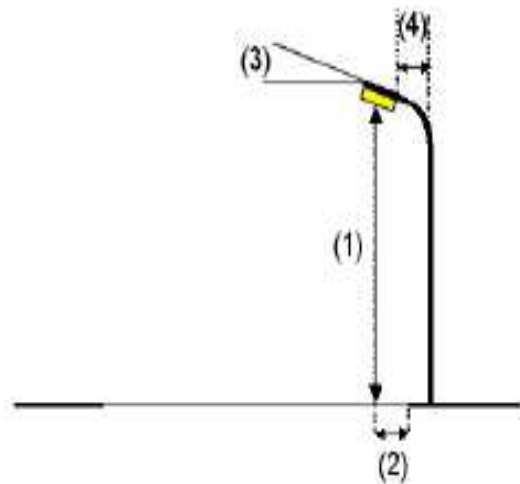
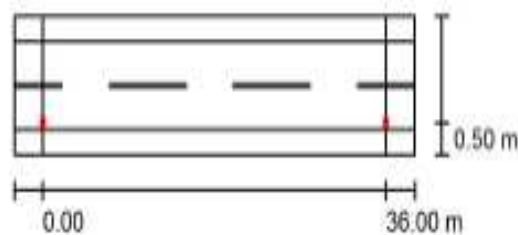
### CALLE TIPO / Datos de planificación

#### Perfil de la vía pública

Camino peatonal 2	(Anchura: 2.000 m)
Calzada 1	(Anchura: 7.000 m, Cantidad de carriles de tránsito: 2, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)
Camino peatonal 1	(Anchura: 2.000 m)

Factor mantenimiento: 0.80

#### Disposiciones de las luminarias

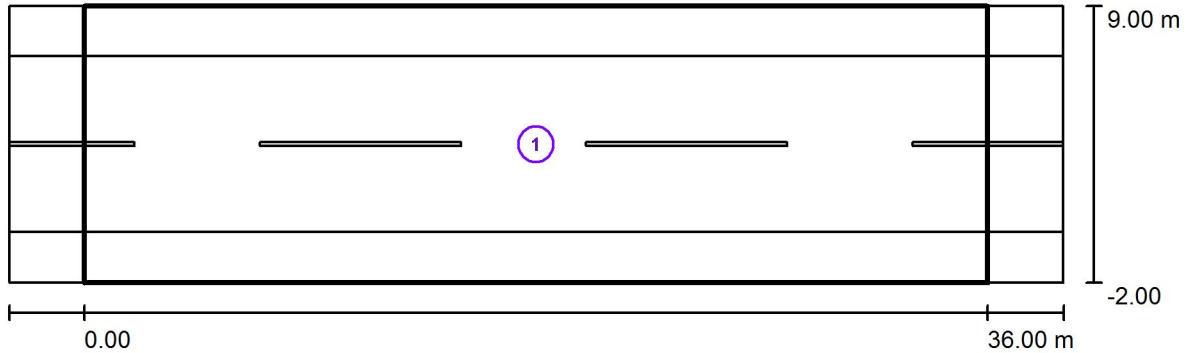


Luminaria:	OSRAM 4008321983565 ML-250 150 W HCI NAV	Valores máximos de la intensidad lumínica con 70°: 299 cd/klm con 80°: 59 cd/klm con 90°: 5.48 cd/klm
Flujo luminoso (Luminaria):	9945 lm	
Flujo luminoso (Lámparas):	15000 lm	
Potencia de las luminarias:	150.0 W	
Organización:	unilateral abajo	
Distancia entre mástiles:	36.000 m	Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).
Altura de montaje (1):	10.000 m	La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G3.
Altura del punto de luz:	10.000 m	La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.6.
Saliente sobre la calzada (2):	0.500 m	
Inclinación del brazo (3):	10.0 °	
Longitud del brazo (4):	1.150 m	

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
 PROYECTO DE ILUMINACION  
 TESIS PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO  
 ELÉCTRICO EN SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA  
 Latacunga-Ecuador

Proyecto elaborado por Luis Curipoma  
 Teléfono 0999120266  
 Fax s/n  
 e-Mail luis.curipoma8@utc.edu.ec

**CALLE TIPO / Resultados luminotécnicos**



Factor mantenimiento: 0.80

Escala 1:301

**Lista del recuadro de evaluación**

- 1 Recuadro de evaluación Calzada 1 & Camino peatonal 1 & Camino peatonal 2  
 Longitud: 36.000 m, Anchura: 11.000 m  
 Trama: 12 x 8 Puntos  
 Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1, Camino peatonal 1, Camino peatonal 2.  
 Clase de iluminación seleccionada: CE5 (Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

	$E_m$ [lx]	U0
Valores reales según cálculo:	12.88	0.41
Valores de consigna según clase:	$\geq 7.50$	$\geq 0.40$
Cumplido/No cumplido:	✓	✓

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
PROYECTO DE ILUMINACION  
TESIS PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO  
ELÉCTRICO EN SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA  
Latacunga-Ecuador

Proyecto elaborado por Luis Curipoma  
Teléfono 0999120266  
Fax s/n  
e-Mail luis.curipoma8@utc.edu.ec

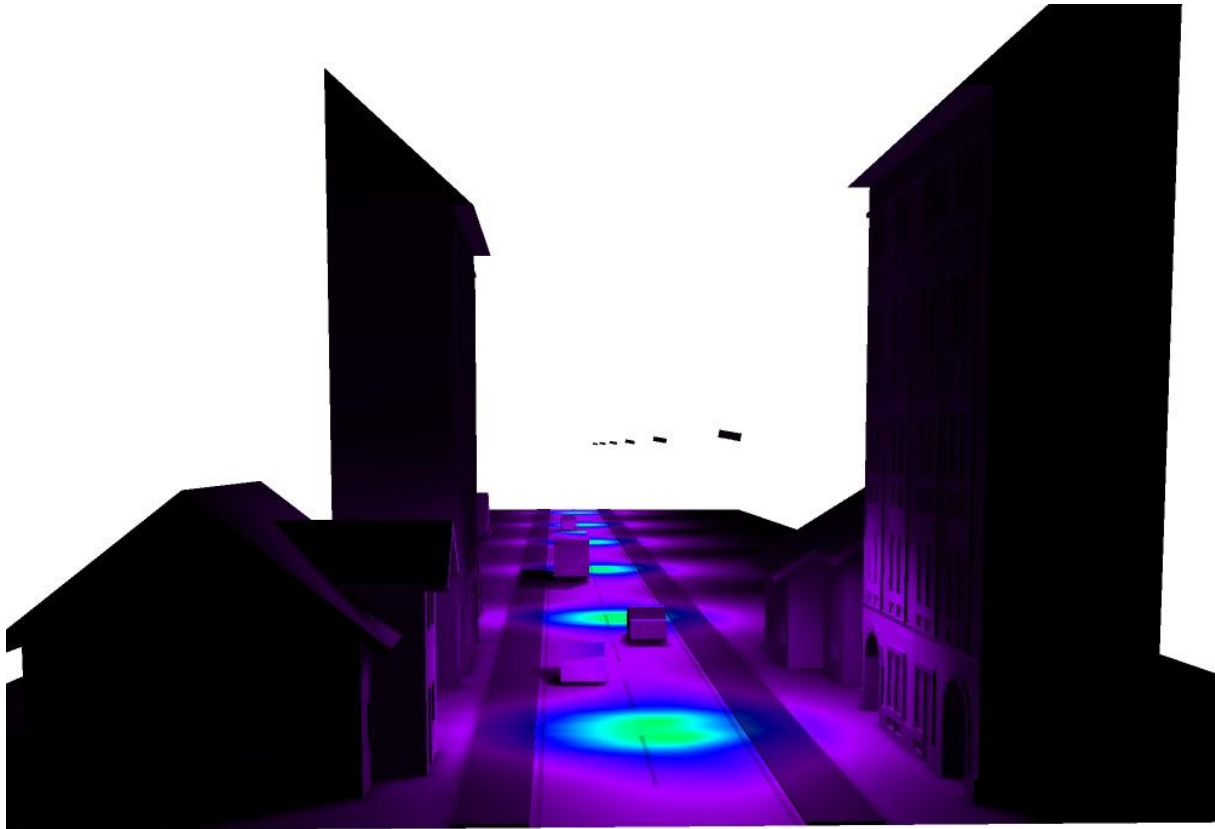
**Escena exterior 1 / Rendering (procesado) en 3D**



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
PROYECTO DE ILUMINACION  
TESIS PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO  
ELÉCTRICO EN SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA  
Latacunga-Ecuador

Proyecto elaborado por Luis Curipoma  
Teléfono 0999120266  
Fax s/n  
e-Mail luis.curipoma8@utc.edu.ec

**Escena exterior 1 / Rendering (procesado) de colores falsos**



0 10 20 30 40 50 60 70 80 lx

**ANEXO N° 6. DEMANDA DE DISEÑO CALCULADA PARA CADA MANZANA.**

MANZANA	DMCp 20 AÑOS (kVA)	DEMANDA COCINAS DE INDUCCIÓN				ALUMBRADO PÚBLICO				DEMANDA DE DISEÑO (kVA)
		USUARIOS PROYECTADOS	FACTOR DE COINCIDENCIA	DEMANDA (kW)	DEMANDA kVA	N. DE LUMINARIAS.	POTENCIA (W)	POTENCIA TOTAL (kW)	POTENCIA TOTAL (kVA)	
1	12,57	4,00	0,52	3,76	3,84	2	150,00	0,30	0,33	16,74
2	12,68	7,00	0,45	5,68	5,80	2	150,00	0,30	0,33	18,81
3	4,83	4,00	0,52	3,76	3,84	0	150,00	0,00	0,00	8,67
4	0,88	4,00	0,52	3,76	3,84	4	150,00	0,60	0,67	5,39
5	35,63	9,00	0,42	6,84	6,98	4	150,00	0,60	0,67	43,28
6	6,44	4,00	0,52	3,76	3,84	4	150,00	0,60	0,67	10,94
7	2,86	0,00	0,00	0,00	0,00	0	150,00	0,00	0,00	2,86
8	30,46	19,00	0,34	11,87	12,12	4	150,00	0,60	0,67	43,24
9	31,76	12,00	0,39	8,46	8,63	4	150,00	0,60	0,67	41,06
10	17,63	11,00	0,40	7,93	8,09	4	150,00	0,60	0,67	26,39
11	6,83	1,00	0,74	1,35	1,38	2	150,00	0,30	0,33	8,54
12	5,36	3,00	0,56	3,04	3,10	0	150,00	0,00	0,00	8,46
13	17,91	11,00	0,40	7,93	8,09	4	150,00	0,60	0,67	26,67
14	64,81	6,00	0,46	5,07	5,17	22	150,00	3,30	3,67	73,65
15	55,49	10,00	0,41	7,39	7,54	2	150,00	0,30	0,33	63,37
16	3,77	3,00	0,56	3,04	3,10	2	150,00	0,30	0,33	7,20
17	4,38	2,00	0,62	2,25	2,30	0	150,00	0,00	0,00	6,68
18	32,94	16,00	0,36	10,46	10,67	4	150,00	0,60	0,67	44,28
19	16,53	7,00	0,45	5,68	5,80	8	150,00	1,20	1,33	23,66
20	10,07	1,00	0,74	1,35	1,38	4	150,00	0,60	0,67	12,11
21	5,78	4,00	0,52	3,76	3,84	2	150,00	0,30	0,33	9,95
22	5,28	5,00	0,49	4,43	4,52	0	150,00	0,00	0,00	9,80
23	26,53	8,00	0,43	6,27	6,40	4	150,00	0,60	0,67	33,60
24	11,65	10,00	0,41	7,39	7,54	7	150,00	1,05	1,17	20,36
25	12,08	0,00	0,00	0,00	0,00	2	150,00	0,30	0,33	12,42

**ANEXO N° 7. CÓMPUTO DE CAÍDAS DE VOLTAJE POR CENTRO DE TRANSFORMACIÓN.**

**TRANSFORMADOR 1**

**CIRCUITO 1**

TOTAL USUARIOS		11						
TRAMOS	MEDIDA (m)	NÚMERO DE USUARIOS	N. USUARIOS ACUMULADO	DEMANDA REA (kVA)	DEMANDA COCINAS (kVA)	KVA TOTAL	CAÍDA DE VOLTAJE (%)	CAÍDA DE VOLTAJE (% ACUMULADO)
0_1	6	0	11	12,41	8,09	20,50	0,06	0,06
1_2	51	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06
2_3	8	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06
3_4	26	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06
1_5	82	1	11	12,41	8,09	20,50	0,73	0,79
5_6	6	0	4	6,45	3,84	10,28	0,03	0,81
6_7	76	4	4	6,45	3,84	10,28	0,34	1,15
5_8	78	1	6	8,43	5,17	13,61	0,46	1,24
8_9	74	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	1,24
8_10	9	0	5	7,49	4,52	12,01	0,05	1,29
10_11	78	5	5	7,49	4,52	12,01	0,41	1,70

**CIRCUITO 2**

TOTAL USUARIOS		24						
TRAMOS	MEDIDA (m)	NÚMERO DE USUARIOS	N. USUARIOS ACUMULADO	DEMANDA REA (kVA)	DEMANDA COCINAS (kVA)	KVA TOTAL	CAÍDA DE VOLTAJE (%)	CAÍDA DE VOLTAJE (% ACUMULADO)
0_1	79	5	14	14,56	9,67	24,23	0,83	0,83
1_2	81	2	2	3,84	2,30	6,14	0,22	1,05
1_3	6	0	7	9,30	5,80	15,10	0,04	0,87
3_4	77	7	7	9,30	5,80	15,10	0,50	1,38
0_5	74	3	10	11,67	7,54	19,21	0,62	0,62
5_6	72	4	4	6,45	3,84	10,28	0,32	0,94
5_7	5	0	3	5,25	3,10	8,35	0,02	0,64
7_8	76	3	3	5,25	3,10	8,35	0,27	0,91
7_9	70	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,64

**CIRCUITO 3**

TOTAL USUARIOS		33						
TRAMOS	MEDIDA (m)	NÚMERO DE USUARIOS	N. USUARIOS ACUMULADO	DEMANDA REA (kVA)	DEMANDA COCINAS (kVA)	KVA TOTAL	CAÍDA DE VOLTAJE (%)	CAÍDA DE VOLTAJE (% ACUMULADO)
0_1	12	0	33	27,56	18,21	45,77	0,25	0,25
1_2	77	15	21	19,41	13,04	32,45	1,08	1,33
2_3	76	4	4	6,45	3,84	10,28	0,34	1,67
2_4	9	0	2	3,84	2,30	6,14	0,02	1,35
4_5	75	2	2	3,84	2,30	6,14	0,20	1,55
1_6	82	5	12	13,14	8,63	21,77	0,77	1,02
6_7	74	7	7	9,30	5,80	15,10	0,49	1,51

**CIRCUITO 4**

TOTAL USUARIOS		19						
TRAMOS	MEDIDA (m)	NÚMERO DE USUARIOS	N. USUARIOS ACUMULADO	DEMANDA REA (kVA)	DEMANDA COCINAS (kVA)	KVA TOTAL	CAÍDA DE VOLTAJE (%)	CAÍDA DE VOLTAJE (% ACUMULADO)
0_1	107	0	19	18,04	12,12	30,15	1,40	1,40
1_2	80	0	5	7,49	4,52	12,01	0,42	1,82
2_3	74	2	2	3,84	2,30	6,14	0,20	2,02
2_4	7	0	3	5,25	3,10	8,35	0,03	1,84
4_5	77	3	3	5,25	3,10	8,35	0,28	2,12
1_6	74	4	14	14,56	9,67	24,23	0,78	2,18
6_7	82	10	10	11,67	7,54	19,21	0,68	2,86

## TRANSFORMADOR 2

### CIRCUITO 1

TOTAL USUARIOS		36						
TRAMOS	MEDIDA (m)	NÚMERO DE USUARIOS	N. USUARIOS ACUMULADO	DEMANDA REA (kVA)	DEMANDA COCINAS (kVA)	kVA TOTAL	CAÍDA DE VOLTAJE (%)	CAÍDA DE VOLTAJE (% ACUMULADO)
0_1	44	0	10	11,67	7,54	19,21	0,30	0,30
1_2	67	1	1	2,13	1,38	3,51	0,08	0,38
1_3	8	0	9	10,91	6,98	17,89	0,05	0,35
3_4	69	7	7	9,30	5,80	15,10	0,37	0,71
3_5	18	0	2	3,84	2,30	6,14	0,04	0,39
5_6	69	2	2	3,84	2,30	6,14	0,15	0,53
0_7	8	0	26	22,82	15,27	38,09	0,11	0,11
7_8	71	7	7	9,30	5,80	15,10	0,38	0,48
8_9	75	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,48
7_10	81	9	19	18,04	12,12	30,15	0,86	0,96
10_11	75	7	7	9,30	5,80	15,10	0,40	1,36
10_12	10	0	3	5,25	3,10	8,35	0,03	0,99
12_13	73	3	3	5,25	3,10	8,35	0,21	1,21

### CIRCUITO 2

TOTAL USUARIOS		16						
TRAMOS	MEDIDA (m)	NÚMERO DE USUARIOS	N. USUARIOS ACUMULADO	DEMANDA REA (kVA)	DEMANDA COCINAS (kVA)	kVA TOTAL	CAÍDA DE VOLTAJE (%)	CAÍDA DE VOLTAJE (% ACUMULADO)
0_1	76	0	16	15,96	10,67	26,64	0,71	0,71
1_2	75	2	6	8,43	5,17	13,61	0,36	1,07
2_3	84	4	4	6,45	3,84	10,28	0,30	1,37
1_4	86	4	10	11,67	7,54	19,21	0,58	1,29
4_5	80	6	6	8,43	5,17	13,61	0,38	1,67

**CIRCUITO 3**

TOTAL USUARIOS		14						
TRAMOS	MEDIDA (m)	NÚMERO DE USUARIOS	N. USUARIOS ACUMULADO	DEMANDA REA (kVA)	DEMANDA COCINAS (kVA)	kVA TOTAL	CAÍDA DE VOLTAJE (%)	CAÍDA DE VOLTAJE (% ACUMULADO)
0_1	82	0	14	14,56	9,67	24,23	0,70	0,70
1_2	76	3	9	10,91	6,98	17,89	0,48	1,18
2_3	75	5	5	7,49	4,52	12,01	0,32	1,49
2_4	10	0	1	2,13	1,38	3,51	0,01	1,19
4_5	74	1	1	2,13	1,38	3,51	0,09	1,28
1_6	87	4	5	7,49	4,52	12,01	0,37	1,07
6_7	72	1	1	2,13	1,38	3,51	0,09	1,15

**TRANSFORMADOR 3**

**CIRCUITO 1**

TOTAL USUARIOS		29						
TRAMOS	MEDIDA (m)	NÚMERO DE USUARIOS	N. USUARIOS ACUMULADO	DEMANDA REA (kVA)	DEMANDA COCINAS (kVA)	kVA TOTAL	CAÍDA DE VOLTAJE (%)	CAÍDA DE VOLTAJE (% ACUMULADO)
0_1	68	3	8	10,12	6,40	16,52	0,39	0,39
1_2	66	5	5	7,49	4,52	12,01	0,28	0,67
0_3	70	1	2	3,84	2,30	6,14	0,15	0,15
3_4	67	1	1	2,13	1,38	3,51	0,08	0,23
0_5	9	0	19	18,04	12,12	30,15	0,10	0,10
5_6	71	1	3	5,25	3,10	8,35	0,21	0,30
6_7	82	2	2	3,84	2,30	6,14	0,18	0,48
5_8	90	0	6	8,43	5,17	13,61	0,43	0,53
8_9	8	0	6	8,43	5,17	13,61	0,04	0,56
9_10	66	6	6	8,43	5,17	13,61	0,32	0,88
5_11	7	0	10	11,67	7,54	19,21	0,05	0,14
11_12	91	3	3	5,25	3,10	8,35	0,27	0,41
11_13	77	1	7	9,30	5,80	15,10	0,41	0,55
13_14	75	6	6	8,43	5,17	13,61	0,36	0,91

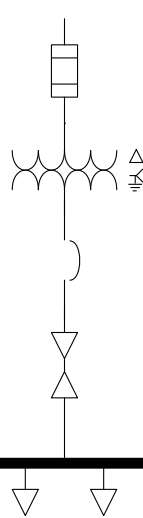
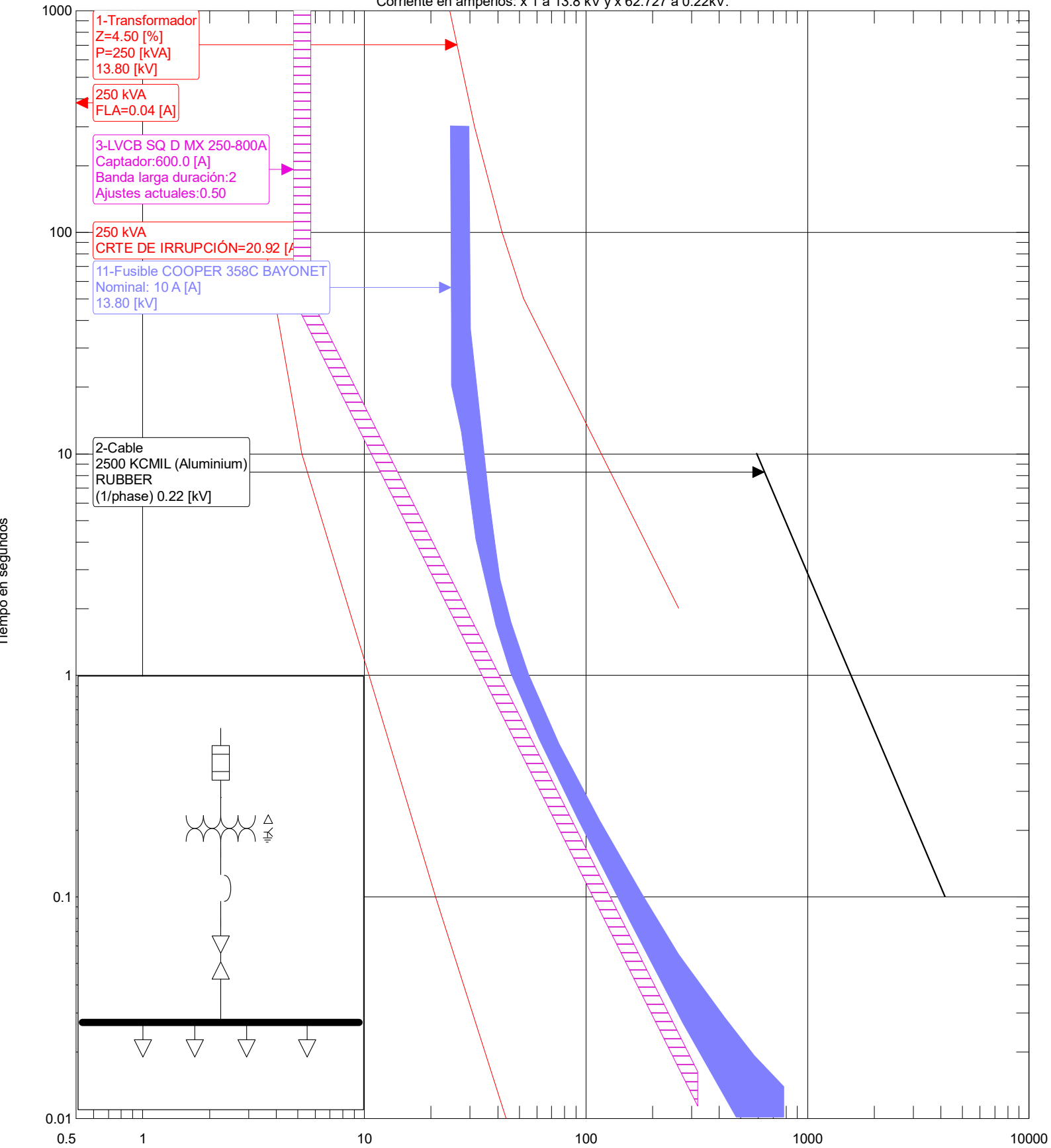
**CIRCUITO 2**

TOTAL USUARIOS		16						
TRAMOS	MEDIDA (m)	NÚMERO DE USUARIOS	N. USUARIOS ACUMULADO	DEMANDA REA (kVA)	DEMANDA COCINAS (kVA)	kVA TOTAL	CAÍDA DE VOLTAJE (%)	CAÍDA DE VOLTAJE (% ACUMULADO)
0_1	85	0	16	15,96	10,67	26,64	0,80	0,80
1_2	74	5	9	10,91	6,98	17,89	0,46	1,26
2_3	72	1	1	2,13	1,38	3,51	0,09	1,35
2_4	10	0	3	5,25	3,10	8,35	0,03	1,29
4_5	73	3	3	5,25	3,10	8,35	0,21	1,50
1_6	73	4	7	9,30	5,80	15,10	0,39	1,18
6_7	75	2	2	3,84	2,30	6,14	0,16	1,34
6_8	10	0	1	2,13	1,38	3,51	0,01	1,19
8_9	76	1	1	2,13	1,38	3,51	0,09	1,29

**CIRCUITO 3**

TOTAL USUARIOS		22						
TRAMOS	MEDIDA (m)	NÚMERO DE USUARIOS	N. USUARIOS ACUMULADO	DEMANDA REA (kVA)	DEMANDA COCINAS (kVA)	kVA TOTAL	CAÍDA DE VOLTAJE (%)	CAÍDA DE VOLTAJE (% ACUMULADO)
0_1	76	0	22	20,09	13,50	33,59	0,90	0,90
1_2	75	7	13	13,85	9,16	23,01	0,61	1,50
2_3	76	6	6	8,43	5,17	13,61	0,36	1,87
1_4	76	3	9	10,91	6,98	17,89	0,48	1,37
4_5	72	4	6	8,43	5,17	13,61	0,34	1,72
4_6	10	0	2	3,84	2,30	6,14	0,02	1,40
6_7	73	2	2	3,84	2,30	6,14	0,16	1,55

Corriente en amperios: x 1 a 13.8 kV y x 62.727 a 0.22kV.



ANEXO N°8

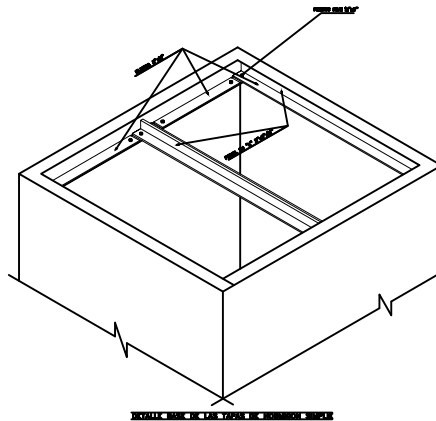
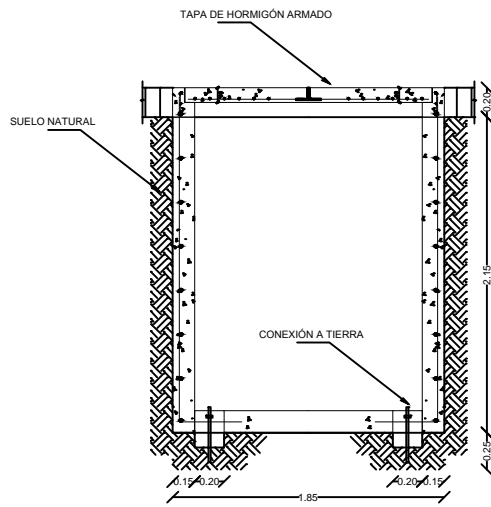
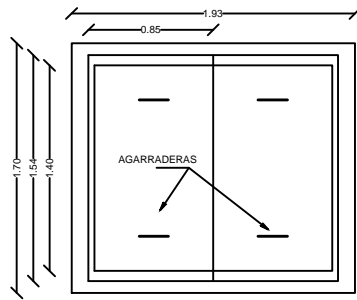
CURVAS CARACTERISTICAS TIEMPO-CORRIENTE

POR: LUIS CURIPOMA

TENSION DE TRAZADO : 13.8 kV

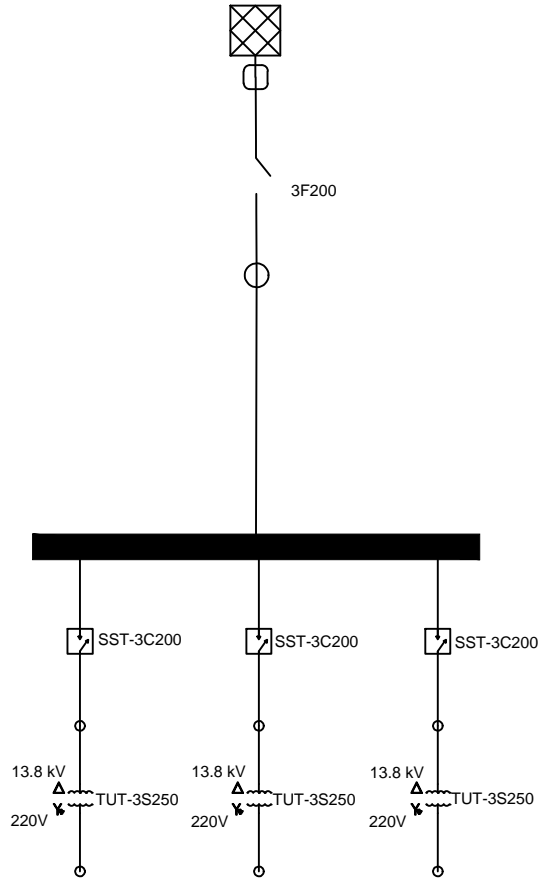
NRO: 001

FECHA: 29/02/2016



	Contiene:		Fecha: MARZO/2016
	<b>CÁMARA DE SECCIONAMIENTO</b>		Escala: 1:50
<b>ING. ELÉCTRICA</b>  <b>TESIS DE GRADO</b>	Proyectó:	Revisó:	Dibujó: LUIS_CURIPOMA
	LUIS_CURIPOMA	ING._CRISTIAN_ERAZO_EEASA	Aprobó: MSC_HECTOR_BARRERA_TUTOR
			Hoja: ANEXO_9

# ALIMENTADOR\_TISALEO

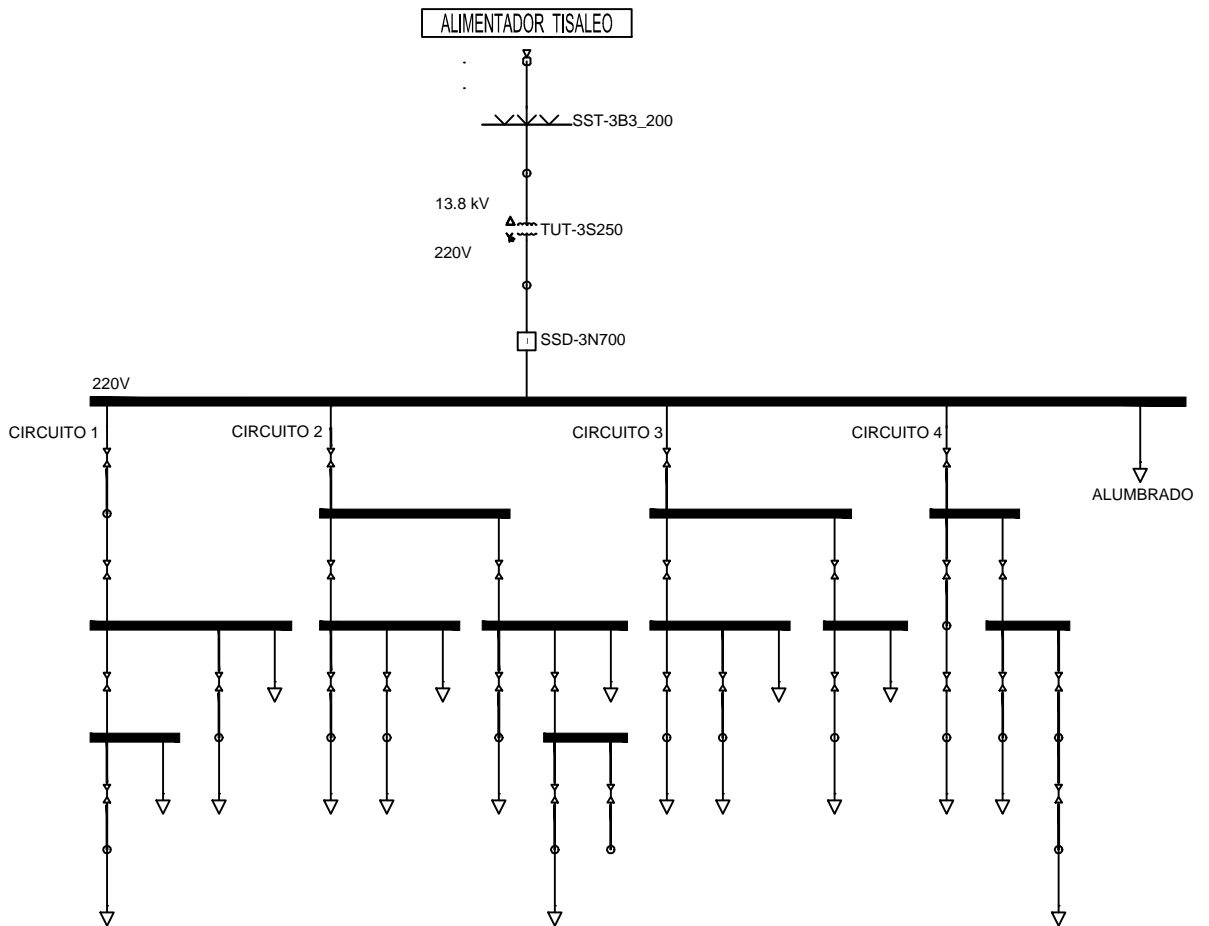


## SIMBOLOGIA ELECTRICAS

	3F200	Seccionador 3F 200 A
	TUT-3S250	Transformador sumergible trifásico 250 kVA
		Barra de conexión
		Seccionador tipo codo 200 A

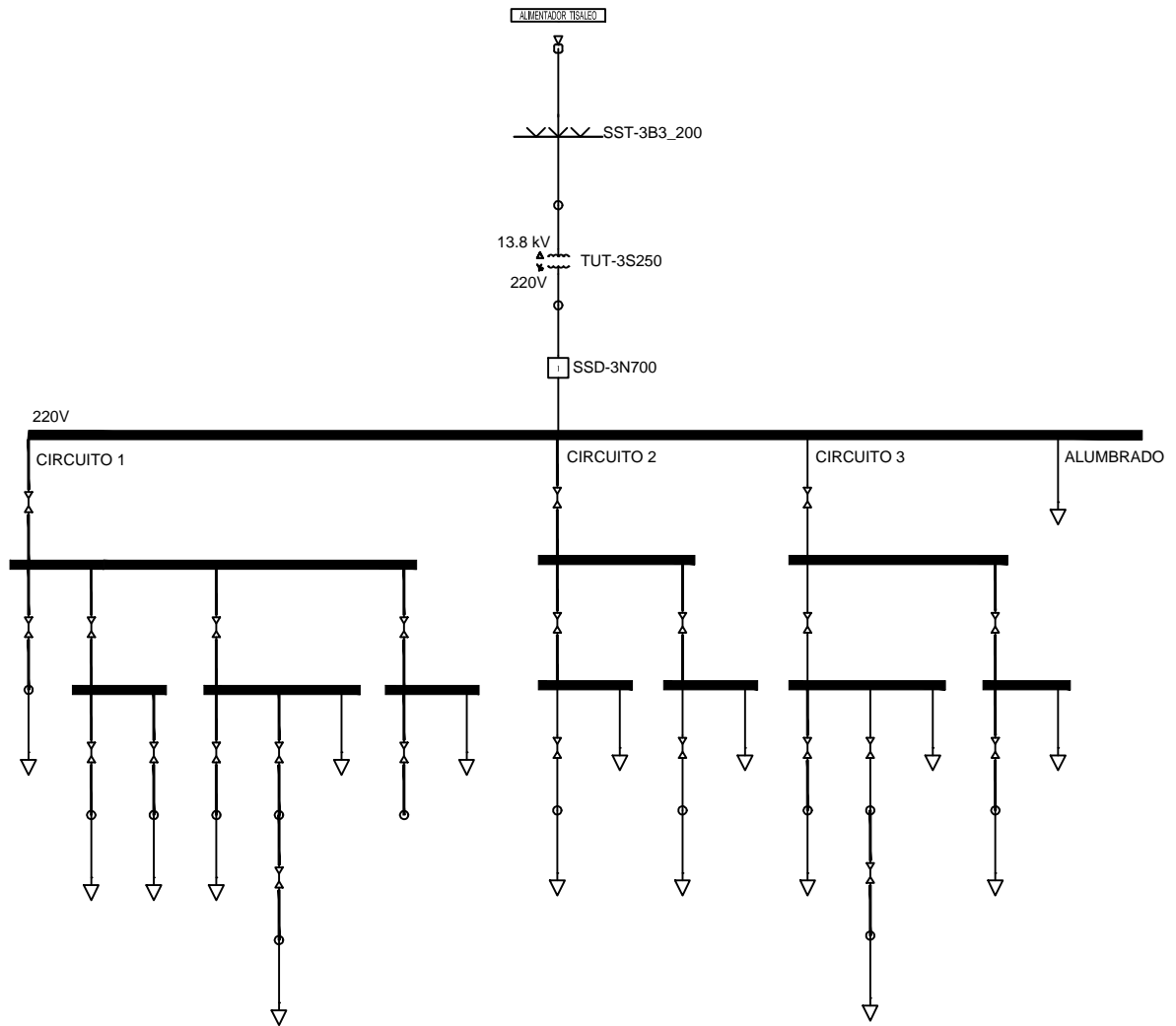


<b>DIAGRAMA UNIFILAR MEDIO VOLTAJE</b>	Contiene:	Fecha: MARZO/2016
		Escala: SIN_ESCALA
		Dibujó: LUIS_CURIPOMA
		Hoja: ANEXO_10
ING. ELÉCTRICA	DISEÑO	
TESIS DE GRADO	Proyectó: LUIS_CURIPOMA	Revisó: ING._CRISTIAN_ERAZO_EEASA
		Aprobó: MSC_HECTOR_BARRERA_TUTOR



SIMBOLOGIA	
ELECTRICAS	
	SST-3B3_200 Barra desconectable trifásica 3 vias 200 A
	TUT-3S250 Transformador sumergible trifásico 250 kVA
	SSD-3N700 Interruptor termomagnético 220V trifásico 700A
	Cable subterráneo
	Barra de conexión
	Carga concentrada

	Contiene:	<b>DIAGRAMA UNIFILAR DEL TRANSFORMADOR_1</b>		Fecha:	MARZO/2016
				Escala:	SIN_ESCALA
				Dibujó:	LUIS_CURIPOMA
				Hoja:	ANEXO_10
<b>ING. ELÉCTRICA</b>	DISEÑO				
<b>TESIS DE GRADO</b>	Proyectó:	Revisó:	Aprobó:		
	LUIS_CURIPOMA	ING._CRISTIAN_ERAZO_EEASA	MSC_HECTOR_BARRERA_TUTOR		

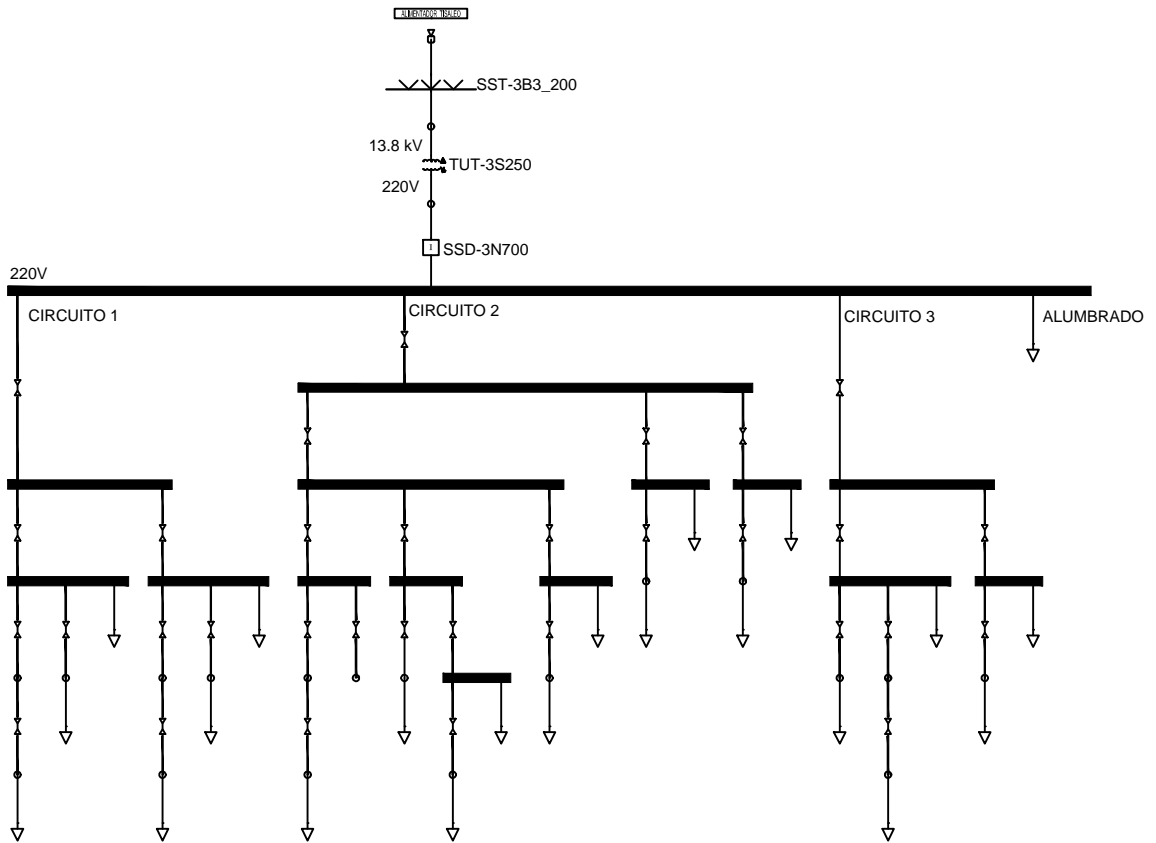


SIMBOLOGIA	
ELECTRICAS	
	SST-3B3_200 Barra desconectable trifásica 3 vias 200 A
	TUT-3S250 Transformador sumergible trifásico 250 kVA
	SSD-3N700 Interruptor termomagnético 220Vtrifásico700A
	Cable subterráneo
	Barra de conexión
	Carga concentrada



<b>DIAGRAMA UNIFILAR DEL TRANSFORMADOR_2</b>	Contiene:	Fecha: MARZO/2016
		Escala: SIN_ESCALA
		Dibujó: LUIS_CURIPOMA
		Hoja: ANEXO_10

<b>ING. ELÉCTRICA</b> <b>TESIS DE GRADO</b>	DISEÑO		
	Proyectó: LUIS_CURIPOMA	Revisó: ING._CRISTIAN_ERAZO_EEASA	Aprobó: MSC_HECTOR_BARRERA_TUTOR



SIMBOLOGIA	
ELECTRICAS	
	SST-3B3_200 Barra desconectable trifásica 3 vias 200 A
	TUT-3S250 Transformador sumergible trifásico 250 kVA
	SSD-3N700 Interruptor termomagnético 220Vtrifásico700A
	Cable subterráneo
	Barra de conexión
	Carga concentrada



Contiene:

**DIAGRAMA  
UNIFILAR  
DEL  
TRANSFORMADOR\_3**

Fecha:

MARZO/2016

Escala:

SIN\_ESCALA

Dibujó:

LUIS\_CURIPOMA

Hoja:

ANEXO\_10

**ING. ELÉCTRICA**

**TESIS DE GRADO**

Proyectó:

LUIS\_CURIPOMA

DISEÑO

Revisó:

ING.\_CRISTIAN\_ERAZO\_EEASA

Aprobó:

MSC\_HECTOR\_BARRERA\_TUTOR

## ANEXO N° 11. REPORTES DE SIMULACIÓN EN CYMDIST.

### FLUJO DE CARGA EN CONDUCTORES

TRANSFORMADOR 1												
Id equipo	Código	V	V (%)	Longitud m	Potencia total de paso (kW)	Potencia total de paso (kVAR)	Potencia total de paso (kVA)	Fp promedio (%)	I Equil (A)	Pérdidas totales (kW)	Pérdidas totales (kVAR)	Carga (%)
TTU_BV_250	Cable	125,7	1,02	6,5	27	12	30	91,76	78,7	0	0	25,8
TTU_BV_250	Cable	124,6	1,89	81,8	27	12	30	91,77	78,7	0,2	0,2	25,8
TTU_BV_250	Cable	124,1	2,28	77,5	14	6	16	91,88	41,8	0	0,1	13,7
TTU_BV_250	Cable	123,7	2,60	87,2	11	5	12	91,94	32,4	0	0	10,6
TTU_BV_250	Cable	124,3	2,13	81,9	9	4	10	91,95	27,6	0	0	9
TTU_BV_250	Cable	125,8	0,94	0	56	24	61	91,82	161,2	0	0	52,9
TTU_BV_250	Cable	124,6	1,89	79	31	13	34	91,8	89,1	0,2	0,2	29,2
TTU_BV_250	Cable	124,4	2,05	80	6	2	6	91,97	16,4	0	0	5,4
TTU_BV_250	Cable	124,1	2,28	83	14	6	15	91,92	40,6	0	0,1	13,3
TTU_BV_250	Cable	124,9	1,65	74	25	11	27	91,85	72,1	0,1	0,2	23,6
TTU_BV_250	Cable	124,6	1,89	73	9	4	10	91,95	27,5	0	0	9
TTU_BV_250	Cable	124,9	1,65	6	8	3	8	91,96	22,3	0	0	7,3
TTU_BV_250	Cable	124,6	1,89	76	8	3	8	91,96	22,3	0	0	7,3
TTU_BV_250	Cable	124,9	1,65	70	0	0	0	0	0	0	0	0
TTU_BV_250	Cable	125,4	1,26	13	64	28	70	91,75	185,4	0,2	0,2	60,8
TTU_BV_250	Cable	124	2,36	77	39	17	42	91,79	112,6	0,4	0,4	36,9
TTU_BV_250	Cable	123,6	2,68	77	9	4	10	91,95	27,7	0	0	9,1
TTU_BV_250	Cable	123,7	2,60	85	6	2	6	91,97	16,5	0	0	5,4
TTU_BV_250	Cable	124,4	2,05	82	25	11	27	91,83	72,8	0,2	0,2	23,9
TTU_BV_250	Cable	123,9	2,44	75	14	6	15	91,93	40,6	0	0	13,3

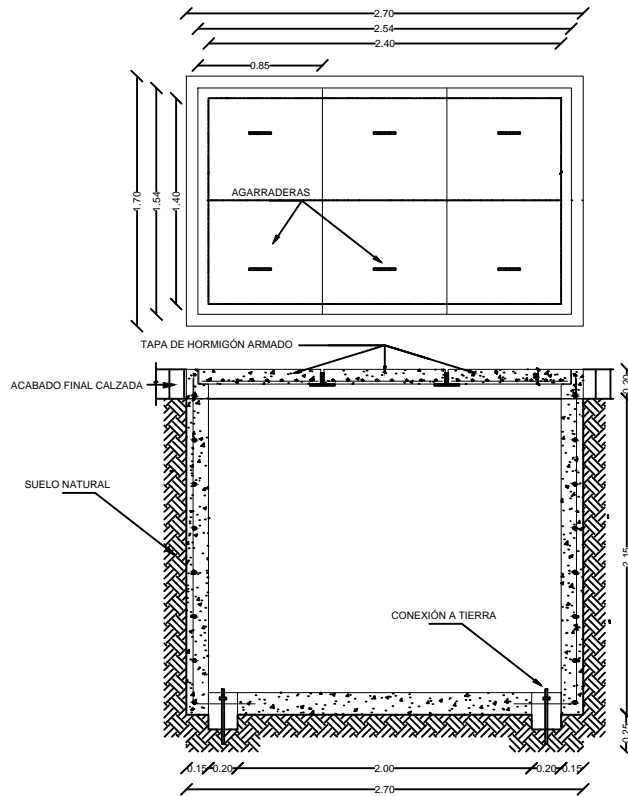


**TRANSFORMADOR 3**

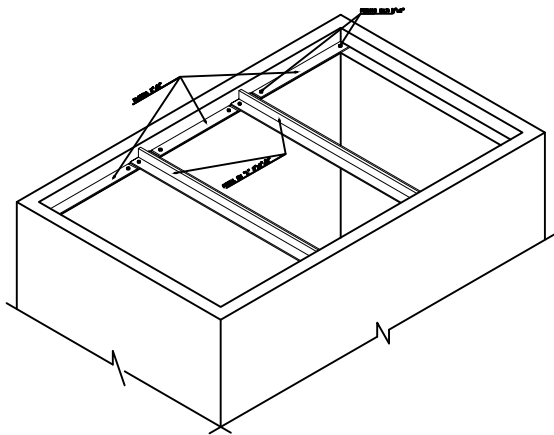
Id equipo	Código	V	V (%)	Longitud m	Potencia total de paso (kW)	Potencia total de paso (kVAR)	Potencia total de paso (kVA)	Fp promedio (%)	I Equil (A)	Pérdidas totales (kW)	Pérdidas totales (kVAR)	Carga (%)
TTU_BV_250	Cable	124,3	2,13	85	39	17	43	91,67	112,8	0,4	0,4	37
TTU_BV_250	Cable	123,6	2,68	72	20	9	22	91,88	59	0,1	0,1	19,3
TTU_BV_250	Cable	123,6	2,68	10	8	3	8	91,96	22,6	0	0	7,4
TTU_BV_250	Cable	123,3	2,91	74	8	3	8	91,96	22,6	0	0	7,4
TTU_BV_250	Cable	123,5	2,76	74	3	1	4	91,98	9,5	0	0	3,1
TTU_BV_250	Cable	123,7	2,60	73	18	8	20	91,9	53,8	0,1	0,1	17,6
TTU_BV_250	Cable	123,6	2,68	8	3	1	4	91,98	9,5	0	0	3,1
TTU_BV_250	Cable	123,5	2,76	71	3	1	4	91,99	9,5	0	0	3,1
TTU_BV_250	Cable	123,5	2,76	71	6	2	6	91,97	16,6	0	0	5,4
TTU_BV_250	Cable	124,4	2,05	76	42	18	45	91,67	120	0,4	0,4	39,4
TTU_BV_250	Cable	123,7	2,60	69	21	9	23	91,88	60,7	0,1	0,1	19,9
TTU_BV_250	Cable	123,4	2,83	75	7	3	8	91,96	21,6	0	0	7,1
TTU_BV_250	Cable	123,7	2,60	10	6	2	6	91,97	16,6	0	0	5,4
TTU_BV_250	Cable	123,4	2,83	79	6	2	6	91,97	16,6	0	0	5,4
TTU_BV_250	Cable	123,7	2,60	74	20	9	22	91,88	59,4	0,1	0,1	19,5
TTU_BV_250	Cable	123,3	2,91	76	9	4	10	91,95	27	0	0	8,9
TTU_BV_250	Cable	125,8	0,94	0	70	30	77	91,88	202,9	0	0	66,5
TTU_BV_250	Cable	125,6	1,10	9	45	19	49	91,87	130	0,1	0,1	42,6
TTU_BV_250	Cable	125,1	1,50	89	13	5	14	91,87	36,4	0	0	11,9
TTU_BV_250	Cable	125,1	1,50	8	13	5	14	91,94	36,4	0	0	11,9
TTU_BV_250	Cable	124,7	1,81	66	13	5	14	91,95	36,4	0	0	11,9
TTU_BV_250	Cable	125,1	1,50	69	0	0	0	0	0	0	0	0
TTU_BV_250	Cable	125,6	1,10	7	24	10	26	91,89	68	0	0	22,3
TTU_BV_250	Cable	125,3	1,34	89	8	3	8	91,96	22,2	0	0	7,3
TTU_BV_250	Cable	125,1	1,50	68	16	7	17	91,88	45,7	0,1	0,1	15
TTU_BV_250	Cable	124,6	1,89	75	13	5	14	91,94	36,4	0	0	11,9
TTU_BV_250	Cable	125,4	1,26	70	9	4	10	91,94	25,7	0	0	8,4
TTU_BV_250	Cable	125,2	1,42	72	6	2	6	91,97	16,3	0	0	5,4
TTU_BV_250	Cable	125,6	1,10	69	6	3	7	91,96	18,6	0	0	6,1
TTU_BV_250	Cable	125,5	1,18	71	3	1	4	91,99	9,3	0	0	3,1
TTU_BV_250	Cable	125,3	1,34	67	19	8	20	91,89	54,3	0,1	0,1	17,8
TTU_BV_250	Cable	124,9	1,65	68	11	5	12	91,95	32	0	0	10,5

## FLUJO DE CARGA EN TRANSFORMADORES

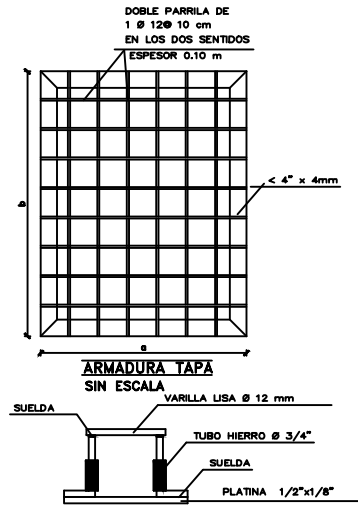
Código	Capacidad Nominal (kVA)	Voltaje primario (kV)	Voltaje Secundario (kV)	Potencia total de paso (kW)	Potencia total de paso (kVAR)	Potencia total de paso (kVA)	Fp promedio (%)	I Equil (A)	Pérdidas totales (kW)	Pérdidas totales (kVAR)	Carga (%)	Reserva (%)
Transformador 1	250	13,8	0,22	171	75	187	91,56	7,8	0,9	2,6	74	26
Transformador 2	250	13,8	0,22	204	90	223	91,47	9,3	1,3	3,8	88,1	11,9
Transformador 3	250	13,8	0,22	160	70	174	91,59	7,3	0,8	2,3	69,1	30,9



**CÁMARA DE TRANSFORMACION 2.40x1.40x2.00 m**

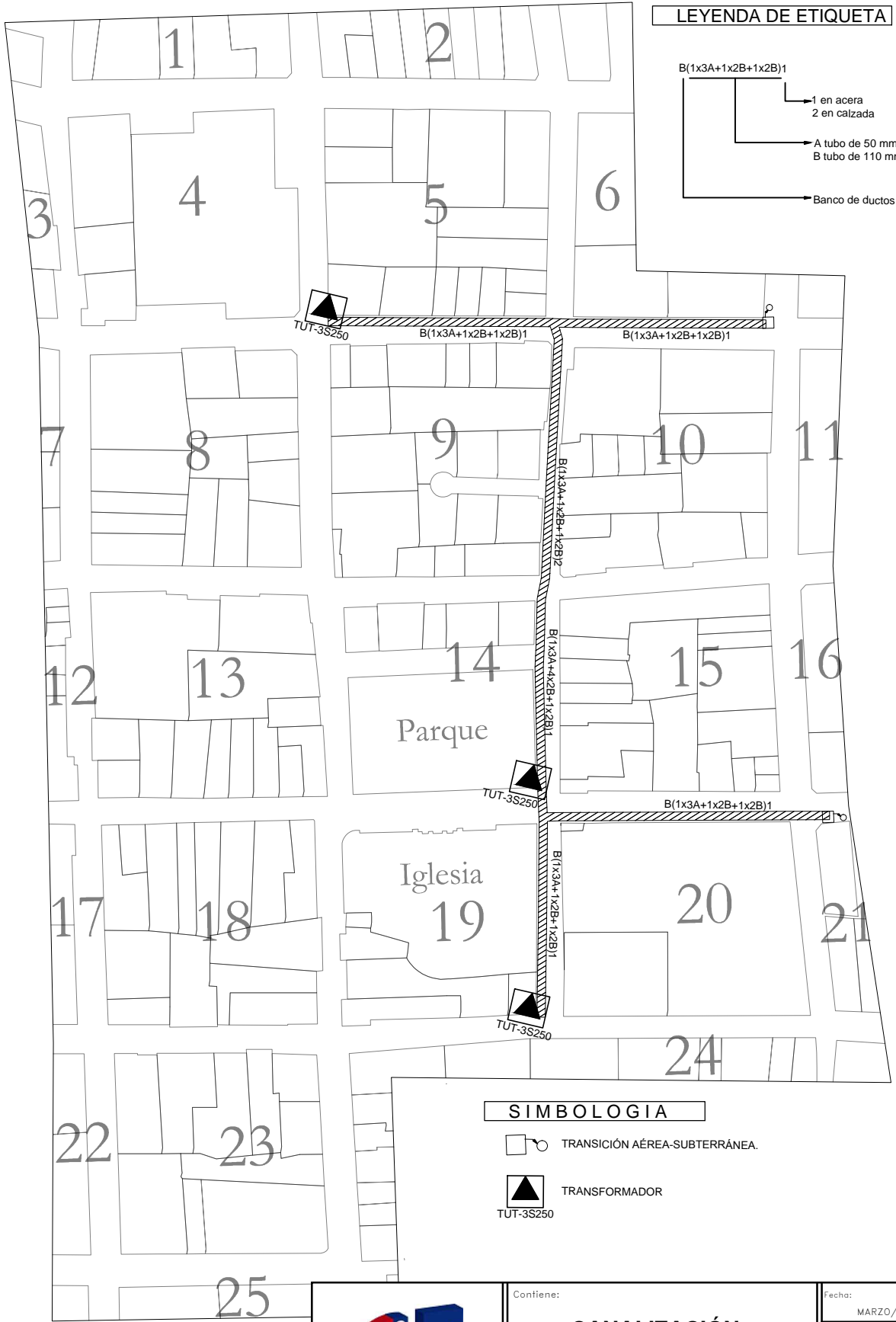


**DETALLE BASE DE LAS TAPAS DE HORMIGÓN SIMPLE**

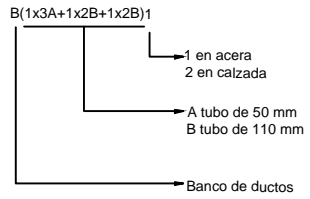


**DETALLE DE AGARRADERAS**

	Contiene:	Fecha:
	<b>CÁMARA DE TRANSFORMACIÓN</b>	MARZO/2016
<b>ING. ELÉCTRICA</b>  <b>TESIS DE GRADO</b>	Proyectó:	Escala:
	Revisó:	1:50
	Aprobó:	Dibujó:
	LUIS_CURIPOMA	LUIS_CURIPOMA
	ING._CRISTIAN_ERAZO_EEASA	Hoja:
	MSC_HECTOR_BARRERA_TUTOR	ANEXO_12



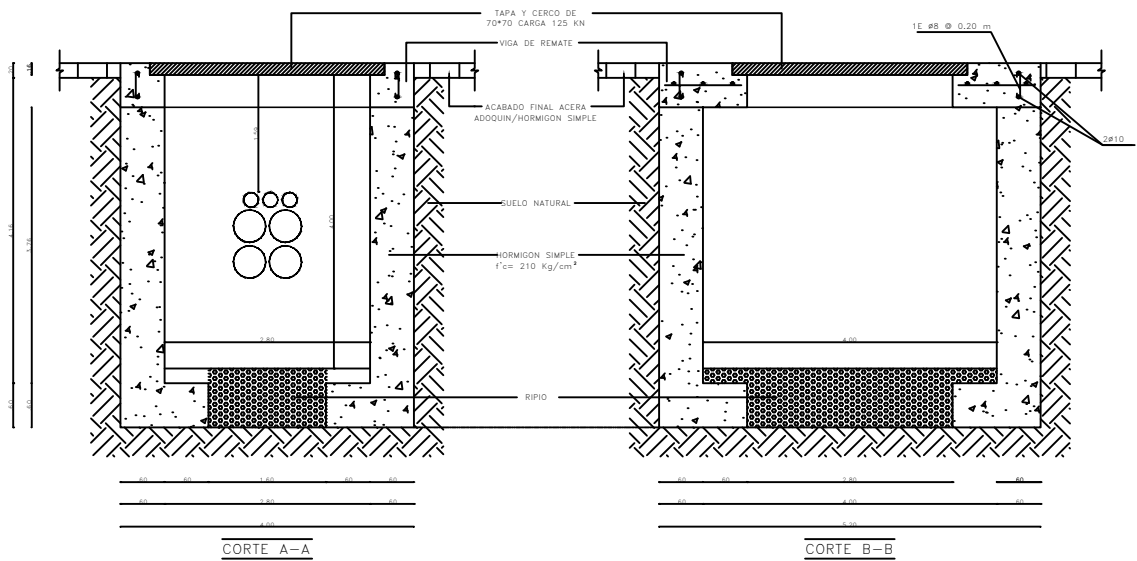
**LEYENDA DE ETIQUETA**



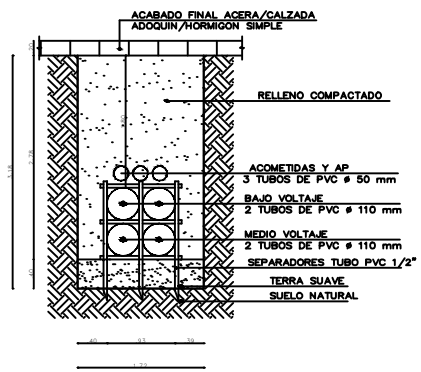
**SIMBOLOGIA**

- TRANSICIÓN AÉREA-SUBTERRÁNEA.
- TRANSFORMADOR  
TUT-3S250

	Contiene:		Fecha:
	<b>CANALIZACIÓN RED MEDIO_VOLTAJE</b>		MARZO/2016
<b>ING. ELÉCTRICA</b>  <b>TESIS DE GRADO</b>	DISEÑO		Escala:
	Proyectó:	Revisó:	1:50
	LUIS_CURIPOMA	ING._CRISTIAN_ERAZO_EEASA	Dibujó:
		Aprobó:	LUIS_CURIPOMA
			Hoja:
			ANEXO_13

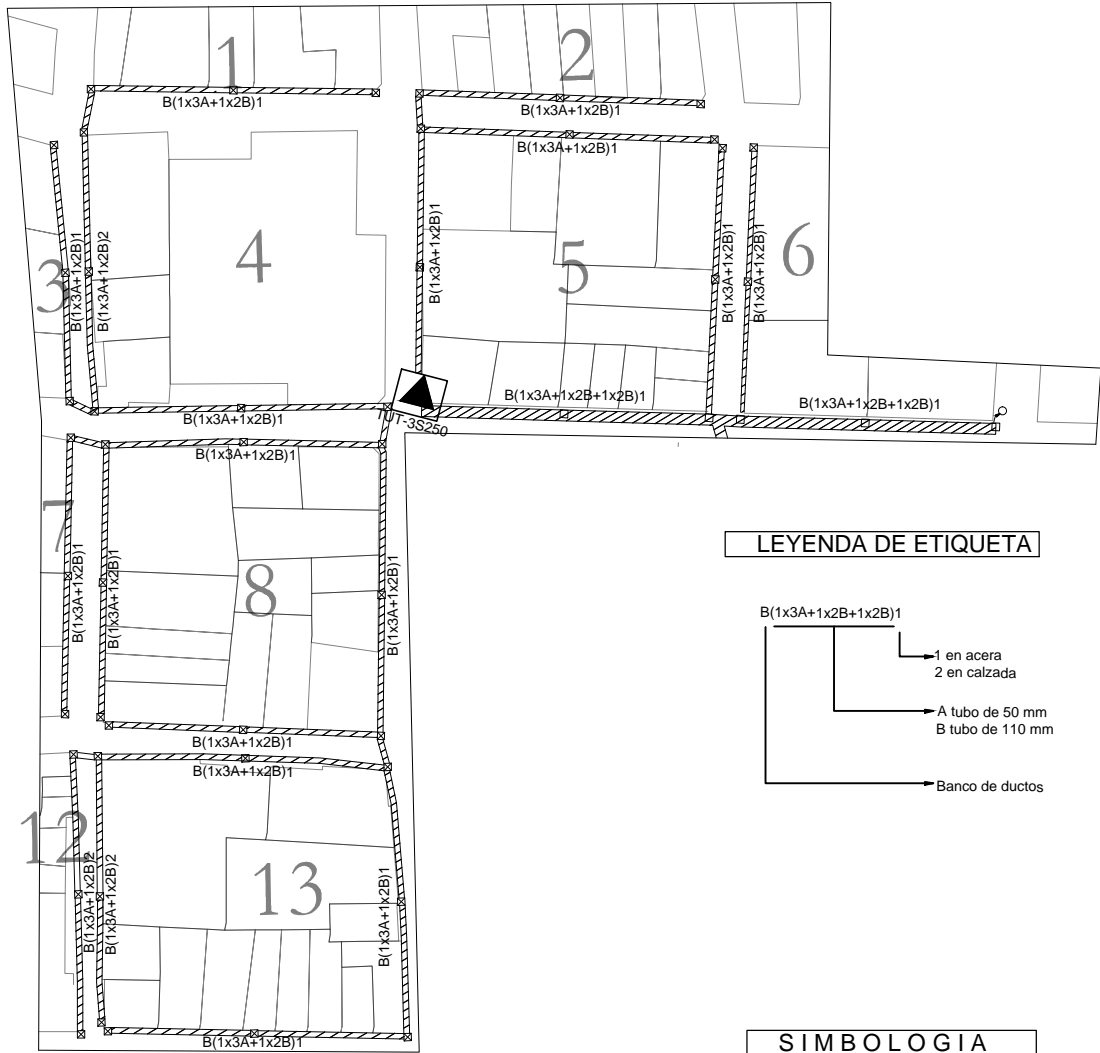


CAJA DE REVISION 0.70x1.00x1.00 m TAPA H.F.  
 ESCALA: 1:25

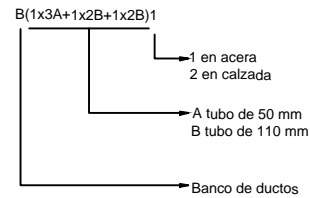


CORTE TIPO DE ZANJA CANALIZACION  
 ESCALA: 1:25

	Contiene:	Fecha:	
	<p align="center"><b>CARACTERÍSTICAS DE POZOS_Y_ZANJAS_MV</b></p>	MARZO/2016	
<p align="center"><b>ING. ELÉCTRICA</b></p> <p align="center"><b>TESIS DE GRADO</b></p>	DISEÑO	Escala:	
	Proyectó:	Revisó:	INDICADA
	Aprobó:		Dibujó:
	LUIS_CURIPOMA	ING._CRISTIAN_ERAZO_EEASA	LUIS_CURIPOMA
		MSC_HECTOR_BARRERA_TUTOR	ANEXO_14




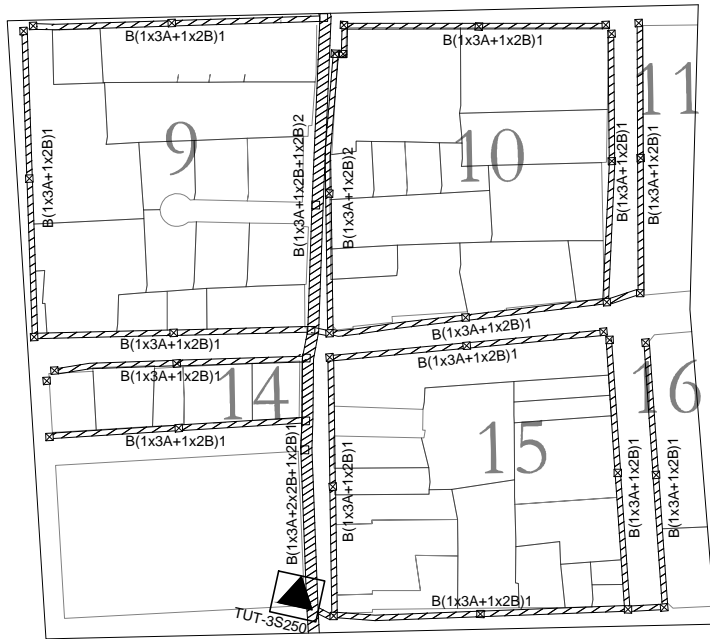
**LEYENDA DE ETIQUETA**



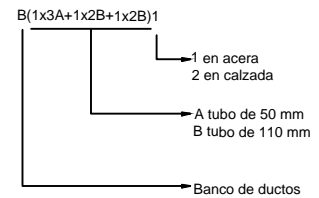
**SIMBOLOGIA**

-  POZO BAJO VOLTAJE
-  POZO MEDIO VOLTAJE
-  TRANSFORMADOR SUMERGIBLE  
TUT-3S250
-  CANALIZACIÓN MEDIO VOLTAJE
-  CANALIZACIÓN BAJO VOLTAJE
-  TRANSICIÓN AÉREA-SUBTERRÁNEA

	Contiene:		Fecha:
	<b>CANALIZACIÓN BAJO VOLTAJE TRANSFORMADOR_1</b>		MARZO/2016
<b>ING. ELÉCTRICA</b>	Proyecto:		Escala:
	LUIS_CURIPOMA		1:2000
	DISEÑO		Dibujó:
<b>TESIS DE GRADO</b>	Revisó:	ING._CRISTIAN_ERAZO_EEASA	LUIS_CURIPOMA
	Aprobó:	MSC_HECTOR_BARRERA_TUTOR	Hoja:
			ANEXO_15



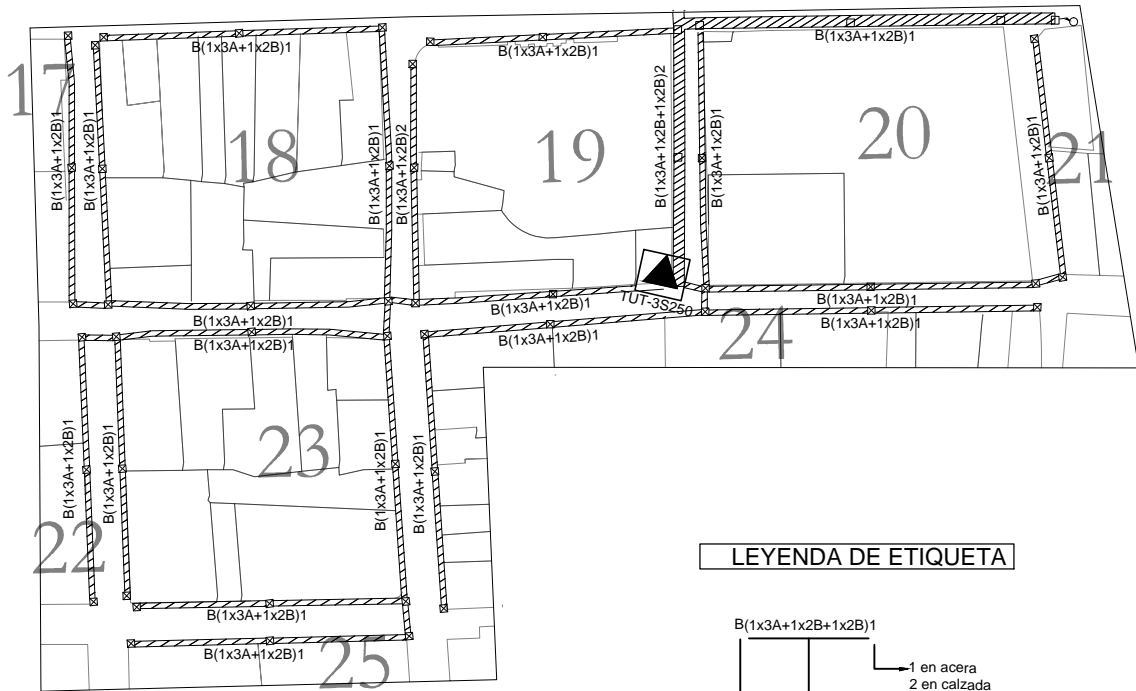
### LEYENDA DE ETIQUETA



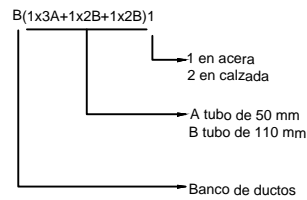
### SIMBOLOGIA

- POZO BAJO VOLTAJE
- POZO MEDIO VOLTAJE
- TRANSFORMADOR SUMERGIBLE  
TUT-3S250
- CANALIZACIÓN MEDIO VOLTAJE
- CANALIZACIÓN BAJO VOLTAJE

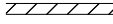

	Contiene:	Fecha:
	<b>CANALIZACIÓN BAJO VOLTAJE TRANSFORMADOR_2</b>	MARZO/2016
<b>ING. ELÉCTRICA</b>  <b>TESIS DE GRADO</b>	Proyectó:	Escala:
	Revisó:	1:2000
	Aprobó:	Dibujó: LUIS_CURIPOMA
		Hoja: ANEXO_15




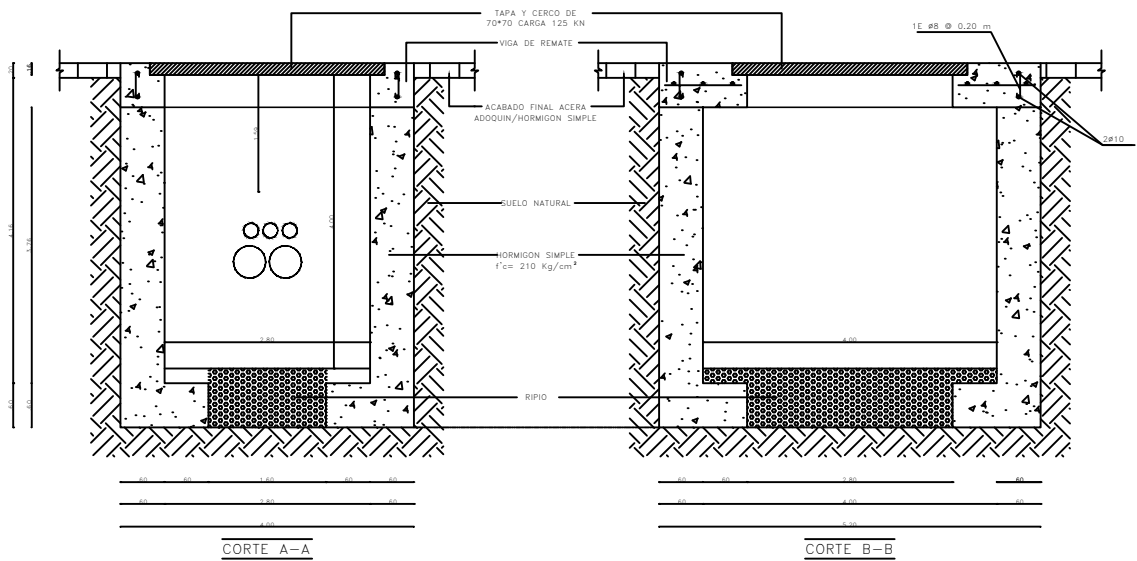
**LEYENDA DE ETIQUETA**



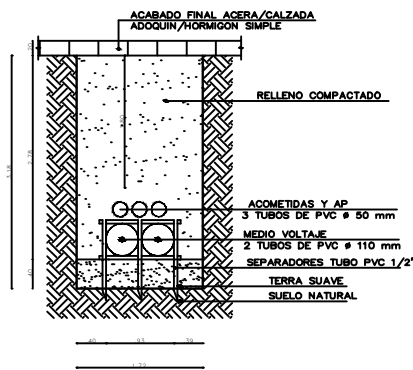
**SIMBOLOGIA**

- POZO BAJO VOLTAJE
- POZO MEDIO VOLTAJE
-  TRANSFORMADOR SUMERGIBLE  
TUT-3S250
-  CANALIZACIÓN MEDIO VOLTAJE
-  CANALIZACIÓN BAJO VOLTAJE
-  TRANSICIÓN AÉREA-SUBTERRÁNEA.


	Contiene:		Fecha:
	<b>CANALIZACIÓN BAJO VOLTAJE TRANSFORMADOR_3</b>		MARZO/2016
			Escala:
			1:2000
			Dibujó:
			LUIS_CURIPOMA
			Hoja:
			ANEXO_15
<b>ING. ELÉCTRICA</b>	DISEÑO		
Proyectó:	Revisó:	Aprobó:	
LUIS_CURIPOMA	ING._CRISTIAN_ERAZO_EEASA	MSC_HECTOR_BARRERA_TUTOR	
<b>TESIS DE GRADO</b>			

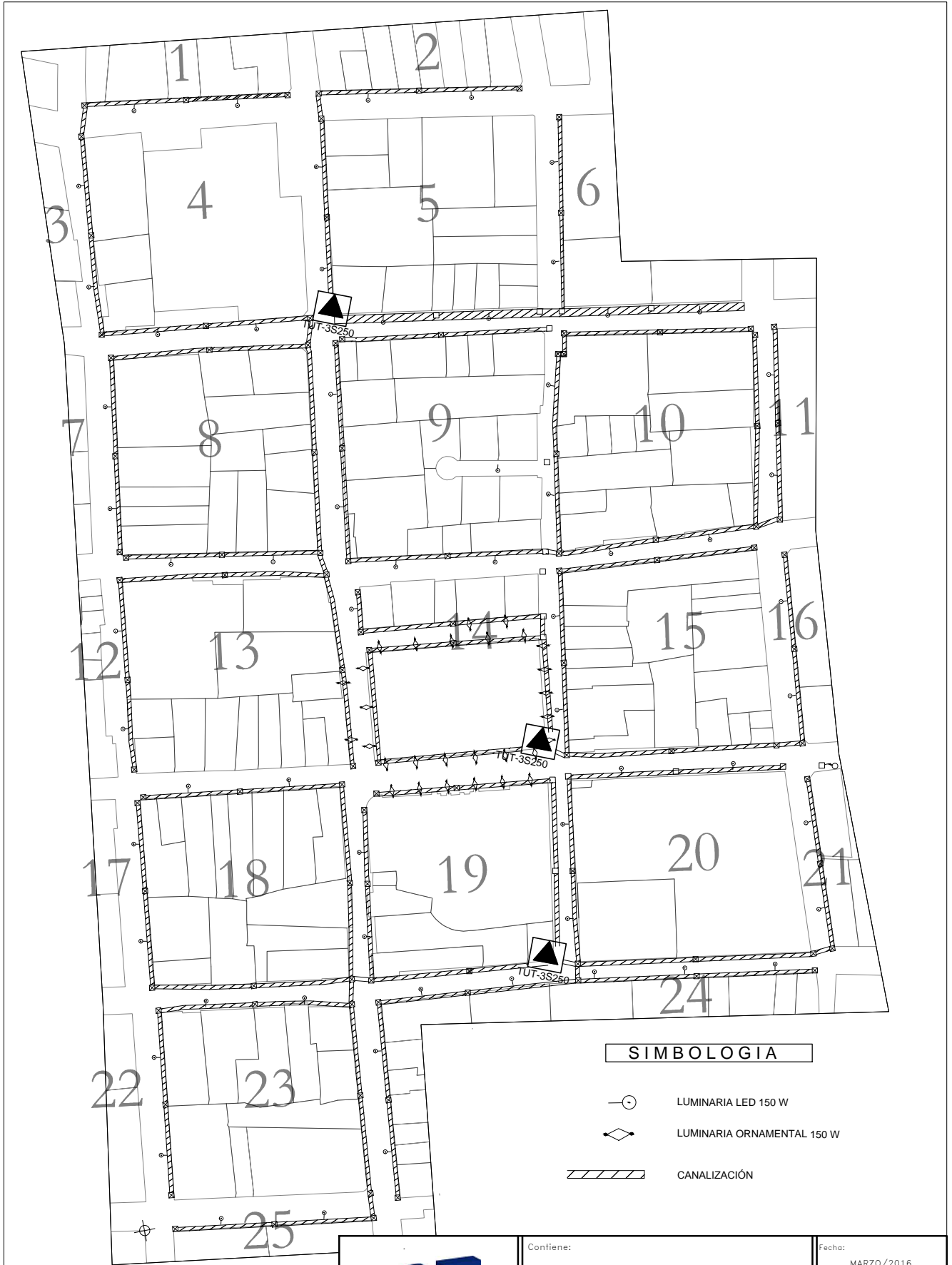


CAJA DE REVISION 1.20x1.20x1.50 m TAPA H.F.  
 ESCALA: 1:25



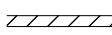


CORTE TIPO DE ZANJA CANALIZACION  
 ESCALA: 1:25

	Contiene:	<b>CARACTERÍSTICAS DE POZOS_Y_ZANJAS_BV</b>	Fecha:	MARZO/2016
				Escala:
			Dibujó:	LUIS_CURIPOMA
			Hoja:	ANEXO_16
ING. ELÉCTRICA	DISEÑO			
TESIS DE GRADO	Proyectó:	Revisó:	Aprobó:	
	LUIS_CURIPOMA	ING._CRISTIAN_ERAZO_EEASA	MSC_HECTOR_BARRERA_TUTOR	

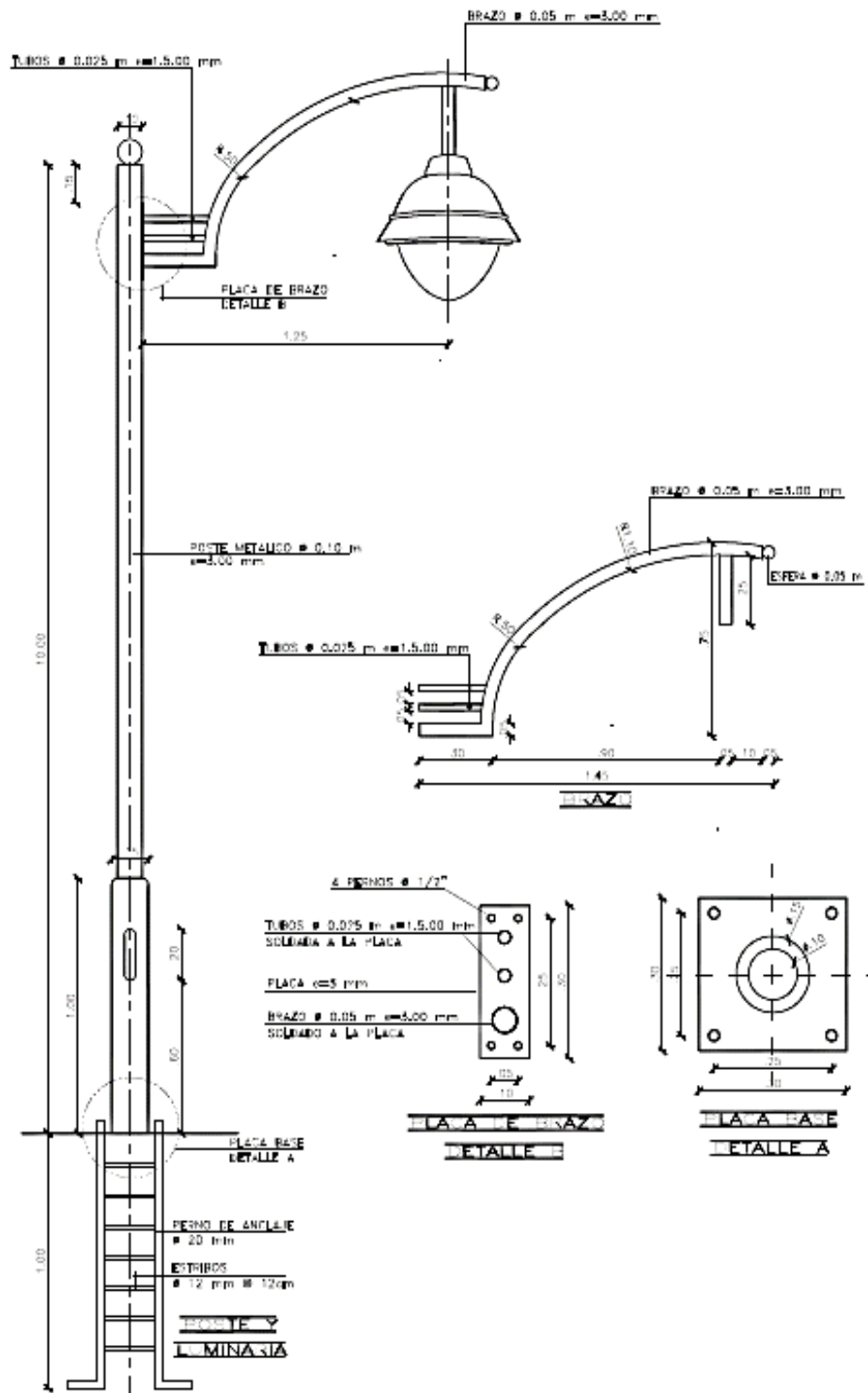


**SIMBOLOGIA**

-  LUMINARIA LED 150 W
-  LUMINARIA ORNAMENTAL 150 W
-  CANALIZACIÓN

	Contiene: <b>CANALIZACIÓN Y_UBICACIÓN ALUMBRADO PÚBLICO</b>		Fecha: MARZO/2016
			Escala: INDICADA
		Dibujó: LUIS_CURIPOMA	
		Hoja: ANEXO_17	
<b>ING. ELÉCTRICA</b>	<b>DISEÑO</b>		
TESIS DE GRADO	Proyectó: LUIS_CURIPOMA	Revisó: ING._CRISTIAN_ERAZO_EEASA	Aprobó: MSC_HECTOR_BARRERA_TUTOR

# LUMINARIA TIPO



### ANEXO N° 18. ANÁLISIS COMPARATIVO DE CONDUCTORES

RUBRO	UNIDAD	CANTIDAD	ALUMINIO		COBRE	
			COSTO UNITARIO (USD)	COSTO TOTAL (USD)	COSTO UNITARIO (USD)	COSTO TOTAL (USD)
CABLE BAJA TENSIÓN TTU 2 kV 250 MCM	m	10.635	11,9	126.555	28,21	300.009
CABLE BAJA TENSIÓN TTU 2 kV 2 AWG (Acometida)	m	6.120	2,64	16.157	5,64	34.517
CABLE BAJA TENSIÓN TTU 2 kV 4 AWG (Alumbrado)	m	7.010	2,11	14.791	2,61	18.296
CABLE DESNUDO 4/0 (Neutro)	m	4.222	2,23	9.415	17	71.774
CABLE MEDIA TENSIÓN XLPE 15 kV 250 MCM	m	2.242	14,35	32.175	35,44	79.463
			<b>TOTAL</b>	199.092	<b>TOTAL</b>	504.058

## ANEXO N° 19. PRESUPUESTO REFERENCIAL

PRESUPUESTO MATERIALES ELÉCTRICOS					
ÍTEM	RUBRO	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (USD)	COSTO TOTAL (USD)
1	Transformador sumergible trifásico 250 kVA	c/u	3	18.200,00	54.600,00
3	Cable bajo voltaje TTU 2 kV 250 MCM AL	m	10.635	11,90	126.554,73
4	Cable bajo voltaje TTU 2 kV 2 AWG AL (acometida)	m	6.120	2,64	16.156,80
5	Cable bajo voltaje TTU 2 kV 6 AWG AL (alumbrado)	m	7.010	2,11	14.790,70
6	Cable desnudo aluminio 4/0 (Neutro)	m	4.222	2,23	9.415,01
7	Cable medio voltaje XLPE 15 kV 250	m	2.242	14,35	32.175,24
8	Brazo luminaria tipo fachada	c/u	135	110,00	14.850,00
9	Poste metálico circular	c/u	20	600,00	12.000,00
10	Luminaria led 100 w	c/u	92	700,00	64.400,00
11	Sistemas de medición bifásicos con cajas de seguridad	c/u	153	150,00	22.950,00
12	Tubo EMT 2" X 3 m	c/u	600	25,00	15.000,00
13	Conector EMT 2"	c/u	900	5,00	4.500,00
14	Unión EMT 2"	c/u	300	3,00	900,00
15	Abrazadera EMT 2"	c/u	1.800	2,00	3.600,00
13	Conectores tipo codo 15 kV	c/u	39	150,00	5.850,00
14	Puntas terminales 15 kV exterior	c/u	6	100,00	600,00
15	Barras premoldeadas 4 vías	c/u	15	1.000,00	15.000,00
16	Conectores tipo c acometidas AL	c/u	306	10,00	3.060,00
17	Conectores tipo c alumbrado AL	c/u	40	8,00	320,00
18	Kit de empalme multimolde	c/u	346	100,00	34.600,00
				<b>TOTAL</b>	<b>451.322,48</b>

PRESUPUESTO MANO DE OBRA DE INSTALACIÓN					
ÍTEM	RUBRO	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (USD)	COSTO TOTAL (USD)
1	Instalación y montaje de transformador	c/u	3	420,00	1.260,00
2	Tendido de cable medio voltaje	m	735	5,60	4.116,78
3	Tendido de cable bajo voltaje	m	3.487	7,50	26.151,27
4	Tendido de cable bajo voltaje alumbrado público	m	3.419	2,00	6.838,84
5	Instalación de acometidas	c/u	153	15,00	2.295,00
6	Instalación de medidores bifásicos	c/u	153	10,50	1.606,50
7	Instalación de luminarias	c/u	135	8,00	1.080,00
8	Instalación de postes ornamentales	c/u	92	24,00	2.208,00
9	Instalación de conexiones en medio voltaje	c/u	60	22,00	1.320,00
10	Retiro de acometidas y medidores	c/u	153	6,00	918,00
				<b>TOTAL</b>	<b>47.794,40</b>

DESMANTELAMIENTO DE REDES EXISTENTES					
ÍTEM	RUBRO	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (USD)	COSTO TOTAL (USD)
1	Inventario por km de red existente	m	8.000	0,10	839,12
2	Transporte y reingreso de postes hormigón 12, 11,10,9 y 6.5 m	c/u	76	26,85	2.040,60
3	Excavación. Y retiro de postes de hormigón. 12,11,10,9 y 6.5 m	c/u	76	23,01	1.748,76
4	Retiro de ensamblaje de accesorios de tensores	c/u	45	15,06	677,70
5	Retiro de equipos de protección en sistemas monofásicos (seccionadores, pararrayos, puesta a tierra adicional)	c/u	30	9,43	282,90
6	Retiro de centros de transformación hasta 150 kVA con equipo de protección en baja	c/u	10	97,63	976,30
7	Retiro conductor # 1/0, 2 y 4 ACSR (medio voltaje incluido neutro)	m	1.500	0,15	225,00
8	Retiro conductor # 1/0, 3/0, 2/0 y 2 ACSR (bajo voltaje)	m	7.500	0,21	1.556,18
9	Retiro conductor # 3/0, 2, 4 y 6 ACSR (acometidas)	m	3.300	0,10	330,00
10	Retiro de estructura monofásica de medio voltaje incluido neutro	c/u	8	8,11	64,88
11	Retiro de estructura trifásica de medio voltaje incluido neutro	c/u	4	14,74	58,96
12	Retiro de bajante de transformadores	glob	10	6,36	63,60
13	Retiro de instalación de luminaria	c/u	62	7,70	477,40
14	Retiro de puente aéreo (unidad)	c/u	30	5,24	157,20
15	Desconexión de acometidas en redes aéreas	c/u	220	5,86	1.289,20
				<b>TOTAL</b>	<b>10.787,80</b>

PRESUPUESTO DE OBRA CIVIL					
ÍTEM.	RUBRO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (USD)	COSTO TOTAL (USD)
1	Excavación manual sin clasificar	M3	1520	8,35	12.692,00
2	Relleno compactado con material de excavación	M3	1489,87	5,33	7.941,01
3	Suministro e instalación de tubería PVC Ø 110 mm	M	5200	4,51	23.452,00
4	Suministro e instalación de tubería PVC Ø 50 mm.	M	3450	2,62	9.039,00
5	Rotura de aceras de hormigón cualquier espesor, incluye desalojo	M2	1768	5,60	9.900,80
6	Rotura de calzadas de hormigón, incluye desalojo	M2	100	18,80	1.880,00
7	Cajas de revisión de hormigón armado de 0.70x1.00x1.00 m tapa de hierro	U	70	431,75	30.222,50
8	Cajas de revisión de hormigón armado de 1,20x1,20x1,50 m tapa de hierro	U	60	932,93	55.975,80
9	Conexiones domiciliarias tubería de polietileno Ø 2"	U	122	22,00	2.684,00
10	Conexiones alumbrado público tubería de polietileno Ø 1"	U	135	15,00	2.025,00
11	Bajantes de poste a red subterránea	U	2	116,00	232,00
12	Bóveda de transformación	U	3	1.200,00	3.600,00
				<b>TOTAL</b>	<b>159.644,11</b>