

UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO MECÁNICA

**TEMA:**

METODOLOGÍA DEL DISEÑO DE UNA RED EN MEDIA TENSIÓN  
SUBTERRÁNEA, BAJOS NORMAS NATSIM

Previa la obtención del Título

INGENIERO ELÉCTRICO MECÁNICO

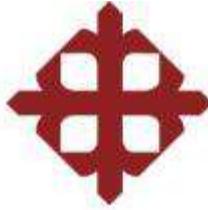
ELABORADO POR:

Rafael Arturo Terreros Rázuris.

Guayaquil, 24 de Marzo del 2015

**GUAYAQUIL-ECUADOR**

**2014 – 2015**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**CERTIFICACIÓN**

Certifico que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por el Sr.  
Rafael Arturo Terreros Rázuris como requerimiento parcial para la obtención del  
título de INGENIERO ELÉCTRICO MECÁNICO.

Guayaquil, 24 de Marzo del 2015

DIRECTOR

---

Ing. Raúl Montenegro Tejada.

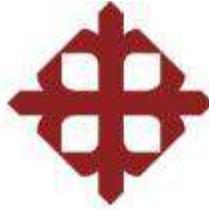
REVISADO POR

---

Ing.  
Revisor Metodológico.

---

Ing.  
Revisor de Contenido.



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

INGENIERÍA ELÉCTRICO MECÁNICO

**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

RAFAEL ARTURO TERREROS RÁZURIS

DECLARÓ QUE:

El proyecto de tesis denominado “METODOLOGÍA DEL DISEÑO DE UNA RED EN MEDIA TENSIÓN SUBTERRÁNEA, BAJOS NORMAS NATSIM” ha sido desarrollado basada en una investigación que se realizó de exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

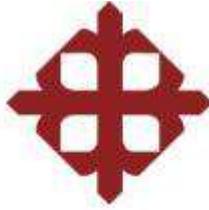
Consecuentemente este trabajo es de mi autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Guayaquil, 24 de Marzo del 2015

EL AUTOR

RAFAEL ARTURO TERREROS RÁZURIS



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

INGENIERÍA ELÉCTRICO MECÁNICO

**AUTORIZACIÓN**

Yo, RAFAEL ARTURO TERREROS RÁZURIS

Autorizó a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la publicación, en la biblioteca de la institución del proyecto titulado: “METODOLOGÍA DEL DISEÑO DE UNA RED EN MEDIA TENSIÓN SUBTERRÁNEA, BAJOS NORMAS NATSIM”, el contenido, ideas y criterios usados en esta tesis, son de mi responsabilidad y autoría.

Guayaquil, 24 de Marzo del 2015.

AUTOR.

RAFAEL ARTURO TERREROS RÁZURIS

## **AGRADECIMIENTO.**

Agradezco infinitamente a mi padre Prof. Rafael Patricio Terreros Amaya, por sus sabios consejos, por sus enseñanzas, por levantarme el ánimo cuando más decaído me encontré, y por ser siempre mi amigo.

Le agradezco a mi querida madre Sra. María Teresa Razuris Alvarado, por sus consejos y voz de aliento cuando creía todo perdido, pues ella fue mi fuerza y me dio el amor necesario para progresar, le agradezco a mi abuela Sra. Consuelo Alvarado León, por sus oraciones en los momentos más difíciles, pues existe la frase fehaciente “la ciencia llega hasta un punto y luego esta Dios”.

Le agradezco a mis hermanos Mariela, María José, Lorena, Héctor, Víctor y mi prima Karla cortes quien amo como una hermana, ellos que son los que siempre han estado apoyándome en cada momento de la vida, a mi querida hermana Sra. Sandra Ávila Razuris, pues ella en calidad de migrante me enseñó que no existe cosas imposibles, ella al emprender una travesía en busca de un mundo mejor para sus seres queridos nunca se rindió, y siempre siguió en busca de ese sueño, le agradezco a una familia muy singular que son todas las personas que conforman la barra Boca del Pozo, gracias a todos mis amigos.

Finalmente le agradezco a todo el grupo humano que forma parte de mi Facultad Técnica y de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, quien ahora en adelante será por siempre mi Alma Máter, y especialmente a mi tutor de tesis el Ing. Raúl Montenegro Tejada, por sus sabios consejos y que forjaron mi aptitud y

actitud, para lograr ser una persona y profesional de bien, poder ofrecer al país un desarrollo sostenible y sustentable.

## **DEDICATORIA**

Desde el comienzo hasta el final, nuestra vida esta ligadas a otras personas por muy fugaz que sea su estancia de ellas en nuestras vidas, cada paso que damos no lleva más cerca de nuestro destino, cada adversidad es una enseñanza, pues Dios les pone las pruebas más difíciles a sus mejores soldados.

Al culminar mis años de estudios de estudios universitarios en la prestigiosa UCSG, dedico todo este esfuerzo a Dios, a mi padre Rafael Terreros Amaya, por los consejos brindados a lo largo del camino, a mi madre María Teresa Rázuris Alvarado, por su constante apoyo y compañía, a mi abuela Consuelo Alvarado León, por sus oraciones en los momentos más difíciles de mi vida, a toda mi familia por su amor y apoyo incondicional, a todas las personas que de una u otra manera colaboraron con la obtención de este título, este reconocimiento es de todos.

## **RESUMEN.**

La presente tesis de grado tiene como finalidad la elaboración de una metodología de diseño de una red de media tensión subterránea, para facilitar un proceso resumido con todas las variables que deben ser consideradas, para el diseño de una red.

La metodología utilizada para el desarrollo de esta tesis, se basó en el análisis de un sistema eléctrico, de las unidades de generación hasta el consumidor, esto para poder tomar un orden de todos los elementos que forman parte del sistema eléctrico, sin pasos se omiten en el diseño.

Se hizo un análisis de los métodos de empleados en la actualidad la norma NATSIM, utilizada por la Empresa Eléctrica Pública de Guayaquil, Norma INEN 1753, "Urbanización redes de distribución de energía eléctrica. Requisitos ", además de analizar las nuevas variables que se presentan con el cambio de la energía matriz y el uso de las cocinas de inducción.

Como conclusión de las redes subterráneas eléctricas, ya de la tensión media o baja, mejorar el ornato de las ciudades, estos deben ser diseñados por todas las regulaciones y estudios exigidos para garantizar la continuidad y seguridad del servicio eléctrico.

## **ABSTRACT.**

The present thesis of degree has as principal aim the production of a methodology of the design of a network of half underground tension, with the purpose of facilitating a process summarized with all the variables that they must be considered to be, for the design of a network.

The methodology used for the development of this thesis, was based in analyzing an electrical system, from the units of generation up to the consumer, this to be able to take an order of all the elements that form a part of the electrical system, without steps are omitted in the design.

There was done an analysis of the secondhand methods nowadays the norm NATSIM, used by the Electrical Company Publishes of Guayaquil, Norm INEN 1753, " distribution networks of electric power requirements ", beside analyzing the new variables that they present with the change of the energetic counterfoil and the kitchen use of induction.

As conclusion the electrical underground networks, already of average or low tension, improve the ornament of the cities, these must be designed by all the regulations and studies demanded to guarantee the continuity and safety of the electrical service.

## **CONTENIDO**

CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN.....	1
------------------------------	---

1.1.	Justificación.....	1
1.2.	Planteamiento del problema .....	1
1.3.	Objetivos .....	2
1.3.1.	Objetivo general .....	2
1.3.2.	Objetivos específicos .....	2
1.4.	Tipo de investigación .....	3
1.5.	Hipótesis.....	3
1.6.	Metodología.....	4
CAPÍTULO 2 MARCO TEÓRICO .....		5
2.1.	Energía.....	5
2.2.	Tipos de Energía.....	6
2.2.1.	Energía Renovable .....	6
2.2.2.	Energía no renovable.....	6
2.3.	Generación eléctrica. ....	7
2.4.	Tipos de Generación Eléctrica.....	7
2.4.1.	Centrales térmicas .....	8
2.4.2.	Centrales de ciclo combinado .....	8
2.4.3.	Centrales hidroeléctricas .....	8
2.4.4.	Centrales solares.....	9
2.4.5.	Parques Eólicos .....	9

2.5.	Sistema Eléctrico .....	10
2.6.	Generación eléctrica en el Ecuador .....	10
2.7.	Distribucion Eléctrica .....	12
2.8.	Niveles de voltaje en el Sistema Eléctrico Nacional. ....	13
2.8.1.	Transmisión Eléctrica.....	13
2.8.2.	Subtransmision Eléctrica.....	13
2.8.3.	Media tensión .....	14
2.8.4.	Baja tensión.....	15
2.9.	Tipos de abonados del sector eléctrico.....	15
2.9.1.	Consumidor residencial.....	16
2.9.2.	Consumidor comercial. ....	16
2.9.3.	Consumidor industrial.....	16
2.10.	Organismos reguladores .....	17
2.10.1.	CNEL.....	17
2.10.2.	CONELEC.....	17
2.10.3.	CENACE.....	18
2.11.	Normativas .....	19
2.11.1.	Mandatos .....	19
2.11.2.	Leyes del sector eléctrico. ....	20
2.11.3.	Reglamentos .....	21

2.11.4.	Normas NATSIM .....	22
CAPÍTULO 3 SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN SUBTERRÁNEA EN M/T .....		23
3.1.	Ventajas de cableado subterráneo .....	24
3.2.	Desventajas del cableado subterráneo .....	24
3.3.	Características generales de un sistema eléctrico subterráneo. ....	25
3.3.1.	Confiabilidad.....	25
3.3.2.	Continuidad.....	25
3.3.3.	Flexibilidad. ....	25
3.3.4.	Seguridad. ....	26
3.3.5.	Aspecto económico .....	26
3.3.6.	Estética .....	26
3.4.	Estudio de incremento poblacional en zona de estudio.....	26
3.5	Cálculo de la demanda máxima unitaria (DMU). ....	28
3.5.1	Norma INEN 1753 .....	28
3.5.2.	Manual EBASCO.....	29
3.5.2.1	Demanda por abonado.....	29
3.5.2.2	Factor de Coincidencia .....	29
3.5.2.3	Factor de Potencia .....	30
3.5.2.4	Potencia del Transformador .....	30
3.6	Centros de carga .....	31

3.6.1	Distribución en anillo abierto.....	31
3.6.2	Distribución radial.....	32
3.7	Clasificación de centros de carga según su capacidad. ....	33
3.8	Centros de transformación e interconexión.....	33
3.9	Clasificación de transformación según su ubicación.....	34
3.9.1	Centro de transformación interior .....	34
3.9.2	Centro de transformación exterior .....	34
3.9.3	Centro de transformación subterránea .....	34
3.10	Celdas de Media Tensión .....	34
3.10.1.	Celda de Línea.....	35
3.10.2.	Celda de protección general .....	36
3.11.	PadMounted.....	37
3.12.	Switchgear.....	39
3.12.1.	Ventajas.....	39
3.12.2.	Características de Swichgear tipo vista.....	40
CAPÍTULO 4. CONDUCTORES ELÉCTRICOS PARA MEDIA TENSIÓN SUBTERRÁNEO.....		42
4.1	Cables subterráneos.....	42
4.1.1.	Conductor.....	43
4.1.1.1.	Conductor de cobre.....	43

4.1.1.2.	Conductor de aluminio.....	43
4.1.2.	Semiconductor interno .....	44
4.1.3.	Aislamiento del cable.....	44
4.1.3.1.	Aislante PVC – Policloruro de Vinilo. ....	45
4.1.3.2.	Aislante XLPE - Polietileno reticulado .....	46
4.1.3.3.	Aislante EPR Goma etilempopilénica.....	46
4.1.4.	Semiconductor externo.....	46
4.1.5.	Neutros o pantallas metálicas.....	46
4.1.6.	Cubiertas .....	47
4.2.	Cálculo de Conductor.....	47
4.2.1.	Cálculo de capacidad de corriente de línea.....	47
4.3.	Empalme Unipolares .....	48
4.4.	Terminales de Media Tensión.....	49
CAPÍTULO 5. TOPOLOGÍA Y TIPO DE SUELO .....		50
5.1.	Tipos de Suelo .....	51
5.2.	Trayectoria.....	52
5.3.	Cajas de paso y revisión .....	53
5.4.	Zanjas .....	54
5.5.	Ductos.....	54
5.6.	Recubrimientos.....	55

5.7.	Bases para Transformadores tipo Pad Mounted.....	56
CAPÍTULO 6. PROTECCIÓN Y OPERACIÓN .....		57
6.1	Estudio de cortocircuito.....	58
6.2	Puesta a tierra .....	59
6.3	Fusibles de media tensión.....	60
6.3.1	Fusibles bay-o-net .....	61
6.3.2	Fusibles tipo K .....	62
6.3.3	Fusibles limitadores de corriente .....	62
6.4	Seccionadores .....	62
6.4.1	Seccionadores Monopolares .....	63
6.4.2	Seccionadores tripolares.....	63
6.4.3	Seccionadores Pad Mounted. ....	64
6.5	Operación de Seccionadores .....	65
6.6	Pararrayos. ....	65
CAPÍTULO 7. ACOMETIDAS EN M/T .....		67
7.1.	Requisitos para ser abonado e Media Tensión .....	67
7.1.1.	Sistema monofásico a $13,800/\sqrt{3}$ voltios .....	67
7.1.2.	Sistema trifásico a 13,800 voltios .....	68
7.2	Condiciones e infraestructura necesaria para acometidas en media tensión subterráneas.....	68

7.2.1. Características de base de medidor.....	70
7.3. Punto de interconexión.....	71
7.4. Medición.....	71
7.4.1. Medición Directa.....	71
7.4.2. Medición Indirecta.....	72
7.5. Acometida Trifásica.....	72
CAPÍTULO 8. Metodología del diseño de red de M/T.....	73
8.1 Diagrama de flujo de diseño de red de M/T.....	73
8.2 Características del área de estudio.....	75
8.3 Análisis de incremento de carga.....	75
8.4 Estudio de Cargas.....	75
8.5 Punto de interconexión.....	77
8.6 Topología del terreno.....	78
8.7 Centros de Carga.....	78
8.8 Pad Mounted – Seccionadores.....	79
8.9 Acometidas de redes de media tensión.....	79
8.10 Accesorios.....	80
CAPÍTULO 9. CONCLUSIONES.....	81
CAPÍTULO 10. RECOMENDACIONES.....	83
BIBLIOGRAFÍA.....	84

TABLAS .....	20
FIGURAS.....	18
GLOSARIO .....	87

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> <i>Potencia nominal por tipo de empresa (MW).</i> .....	<b>11</b>
<b>Figura 2</b> <i>Potencia Efectiva por tipo de empresa (MW).</i> .....	<b>11</b>
<b>Figura 3</b> <i>Proyección de la población Ecuatoriana.</i> .....	<b>27</b>
<b>Figura 4</b> <i>Distribucion en anillo Abierto.</i> .....	<b>32</b>
<b>Figura 5</b> <i>Distribucion Radial.</i> .....	<b>33</b>
<b>Figura 6</b> <i>Celdas de Media tensión SF6.</i> .....	<b>36</b>
<b>Figura 7</b> <i>Celdas de media tensión de protección general.</i> .....	<b>37</b>
<b>Figura 8</b> <i>Partes de Transformador PadMounted.</i> .....	<b>38</b>
<b>Figura 9</b> <i>Swichgear tipo vista</i> .....	<b>40</b>
<b>Figura 10</b> <i>Cable subterráneo</i> .....	<b>42</b>
<b>Figura 11</b> <i>Conductor de Cobre (Cu).</i> .....	<b>43</b>
<b>Figura 12</b> <i>Conductor de Aluminio.</i> .....	<b>44</b>
<b>Figura 13.</b> <i>Empalme de conductores monopolares.</i> .....	<b>49</b>
<b>Figura 14</b> <i>Terminales de media tensión.</i> .....	<b>50</b>
<b>Figura 15</b> <i>Disposición de ductos en aceras y cruces de calle.</i> .....	<b>56</b>
<b>Figura 16</b> <i>Dimensionamiento de Bases para Pad Mounted.</i> .....	<b>57</b>
<b>Figura 17</b> <i>Fusibles tipo bay-o-net.</i> .....	<b>61</b>
<b>Figura 18</b> <i>Seccionadores Monopolares.</i> .....	<b>63</b>
<b>Figura 19</b> <i>Seccionadores Tripolares .</i> .....	<b>64</b>
<b>Figura 20</b> <i>Seccionador Pad Mounted.</i> .....	<b>64</b>
<b>Figura 21</b> <i>Pararrayos de media tensión tipo codo.</i> .....	<b>66</b>

<b>Figura 22</b> <i>Acometidas aéreas a subterráneas.</i> .....	<b>68</b>
<b>Figura 23</b> <i>Acometida desde red de distribución Aérea.</i> .....	<b>69</b>
<b>Figura 24</b> <i>Variable de Manual EBASCO</i> .....	<b>69</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1 Niveles de Transmisión. ....</b>	<b>13</b>
<b>Tabla 2 Niveles de Subtransmisión. ....</b>	<b>14</b>
<b>Tabla 3 Niveles de Media Tensión. ....</b>	<b>15</b>
<b>Tabla 4 Niveles de Baja Tensión. ....</b>	<b>15</b>
<b>Tabla 5 Características de Swichgear. ....</b>	<b>41</b>
<b>Tabla 6 Perfiles de suelo. ....</b>	<b>52</b>
<b>Tabla 7 Dimensiones de bases para Pad Mounted. ....</b>	<b>57</b>
<b>Tabla 8 Tipos de Cortocircuitos. ....</b>	<b>59</b>
<b>Tabla 9 Calibre de conductor de puesta a tierra. ....</b>	<b>60</b>
<b>Tabla 10 Tabla Didáctica de Manual Ebasco. ....</b>	<b>77</b>

## **CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN**

### **1.1. Justificación.**

Debido al crecimiento poblacional y urbanístico de las ciudades, el gobierno ecuatoriano en la administración del Sr. Ec. Rafael Correa Delgado, Presidente constitucional de la República del Ecuador, impulsa la creación del acuerdo ministerial del #211, del Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, para la normalización del diseño y la construcción de nuevas redes de distribución eléctricas y de telecomunicaciones subterráneas o para soterrar las líneas existentes, en las entradas a ciudades, centros históricos y nuevas planificaciones.

Es necesario analizar los factores tales como el incremento poblacional, diseño y construcción, materiales a usar y su reacción a la topología y tipos de suelo en los cuales se implantará la red, para garantizar el bienestar social, seguridad física y de infraestructuras, la protección del medio ambiente y mejorar el ornato de las ciudades, centros turísticos, ciudadelas u otros.

### **1.2. Planteamiento del problema**

Es necesario analizar los factores a los cuales estará a servicio el sistema eléctrico, el Ecuador es un país en el cual tiene 4 regiones y cada una con diferentes tipos de terreno, para esta tesis nos concentraremos en los factores que interactúan y afectan al terreno de la región costa, es necesario analizar esto debido a que existen diferentes factores como el agua, clima, elementos geoquímicos, con los biotipos de flora y fauna,

que pueden afectar el diseño estructural y los materiales usados para el cableado subterráneo de las redes eléctricas y de telecomunicaciones.

Analizaremos estudios de incremento poblacional de la región y futuros posibles proyectos en áreas industriales, para dimensionar con anterioridad las redes eléctricas, así como los sistemas de distribución y de protección para garantizar un sistema eléctrico confiable, estable y continuo.

### **1.3.Objetivos**

Mediante este proyecto de titulación se analiza la metodología de las normas NATSIM para un diseño de regulado para la distribución eléctrica subterránea en media tensión, garantizando la continuidad del servicio, tomando en consideración tantas normas nacionales como internacionales para la implantación de la red y el diseño de una red subterránea de media tensión.

#### **1.3.1. Objetivo general**

Elaborar una metodología para el diseño de líneas de media tensión subterráneas.

#### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Analizar del incremento poblacional, sectorizado por áreas en la región del Guayas, para el dimensionamiento de las redes eléctricas.

- Realizar un estudio de los criterios usado para el uso de materiales en base a los tipos de tipos de suelo, existente en la región, para garantizar la selección idónea de los tipos de materiales
- Estudiar la ubicación de los centros de carga y Pad Mounted – seccionadores, para la ubicación de los mismos sin que estos presenten peligro para los usuarios.
- Determinar el diseño y ubicación de las cajas de paso y de revisión, para que el sistema eléctrico tenga una buena operatividad.

#### **1.4.Tipo de investigación**

La presente tesis se basa en una investigación de carácter descriptiva y bibliográfica, ya que se basara en captar la información necesaria para el diseño de redes subterráneas de media tensión, brindando seguridad al sistema con todos los estándares más altos de calidad.

#### **1.5.Hipótesis**

Con la aplicación de esta metodología se espera mejorar y optimizar el diseño de un sistema eléctrico subterráneo en media tensión y que cualquier persona con conocimientos básicos en sistemas de distribución sea capaz leer e interpretar este procedimiento.

## **1.6. Metodología**

El desarrollo de la tesis empieza al analizar las fuentes de energía y como esta es dirigida desde los centros de transformación hasta los abonados, es así que se va analizando uno a uno los diferentes tipos de elementos que conforman un sistema de distribución.

## CAPÍTULO 2 MARCO TEÓRICO

### 2.1. Energía

La energía es la capacidad que tiene la materia para producir trabajo en forma de movimiento, luz, calor, etcétera; la energía se encuentra en diferentes formas alrededor de nuestro planeta y el universo, según la ley de conservación de la energía, esta no se crea ni se destruye, solo se transforma, es así que se utilizan diferentes tipos de instalaciones para cambiar el estado de la energía ejemplo: un átomo contiene energía estática almacenada en su interior, mediante la fisión nuclear, se libera grandes cantidades de energía térmica para sobrecalentar el agua, convertirla en vapor, está a su vez hace girar los alabes de una turbina que transforma la energía cinética del vapor en energía mecánica y finalmente en energía eléctrica.

Los seres vivos requieren grandes cantidades de energía para realizar las actividades cotidianas y vivir, desde un alga marina que utiliza la energía solar para realizar la fotosíntesis, hasta las grandes industrias requieren energía eléctrica para producir productos terminados para abastecer y satisfacer las necesidades básicas de la población, el ser humano requiere ingerir alimentos para la absorción de calorías que nos suministrará energía necesaria para realizar las actividades mentales y físicas.

Existen fuentes de energía disponibles en la naturaleza, que son y han sido usadas a lo largo de la humanidad para producir y generar trabajo mecánico, el principal uso que le damos a la energía en el planeta es para transformarla en electricidad, en la civilización moderna la electricidad está de la mano con el bienestar social y la salud, debido a que suministran el funcionamiento de equipos eléctricos, electrónicos,

producción de alimentos, seguridad, transporte y otros.

## **2.2. Tipos de Energía.**

Actualmente existen debates acerca de las fuentes de energías y el daño que ocasionan al medio ambiente, además de la disponibilidad en la que se encuentran, debido a esto constantemente están en evolución la generación de energías mediante fuentes renovables, que minimicen el impacto ambiental y disminuya el uso de combustibles fósiles, según estos argumentos se definen la energía renovable y la energía no renovable.

### **2.2.1. Energía Renovable**

Las energías renovables son aquellas energías que se obtienen de forma natural, ilimitada y reduciendo considerablemente las emisiones de CO<sub>2</sub> al medio ambiente. Las fuentes más usadas a nivel mundial para la producción de energía eléctrica, son las centrales hidroeléctricas, centrales eólicas, centrales solares, generación a base de biomasa y centrales de energía geotérmica.

### **2.2.2. Energía no renovable.**

Las energías no renovables son aquellas energías que se crean mediante la combustión de derivados de combustibles fósiles, carbón, gas natural y existen en cantidades limitadas que al ser consumidas no pueden regenerarse a corto plazo.

### **2.3. Generación eléctrica.**

La generación eléctrica es el proceso mediante el cual se obtiene energía eléctrica a partir de energía en otros estados, esto se realiza mediante un conjunto de equipos e instalaciones que se las denomina centrales eléctricas, el funcionamiento básico es transformar algún tipo de energía (potencial, térmica, cinética, solar) en energía eléctrica, mediante generadores eléctricos que son máquinas que convierten la energía mecánica en energía eléctrica, los generadores cuentan con una parte móvil denominada rotor y una parte estática denominada estator, mediante una inducción electromagnética se produce un movimiento de electrones que fluye de la pieza inductora (rotor) a la pieza inducida (estator), generando un potencial eléctrico, mediante el uso de alternadores se convierte el potencial eléctrico en corriente alterna a una frecuencia de 60 Hz (Ecuador).

### **2.4. Tipos de Generación Eléctrica.**

Según el estado en el cual tenemos presente la fuente de energía, las generadoras eléctricas se pueden clasificar en centrales térmicas, termoeléctricas, eólicas, solares, hidráulicas, ciclo combinado, entre otras; los equipos eléctricos y electrónicos que usamos en nuestros hogares y fábricas son alimentados por corriente alterna, por lo que el sistema eléctrico nacional está normalizado con niveles de voltaje para distribución de 120 V – 240 V a una frecuencia de 60 Hz.

### **2.4.1. Centrales térmicas**

Las centrales térmicas son centrales eléctricas que producen electricidad, usando un ciclo termodinámico de agua – vapor, mediante la combustión del combustible fósil (carbón, derivados de petróleo o gas), se transforma la energía química almacenada en el combustible en energía calorífica, esta será usada para calentar agua y sobrecalentar vapor, llevándolo a alta presión y temperatura a los alabes de turbinas, que transformaran la energía cinética del vapor en energía mecánica y esta energía mecánica se transformara en energía eléctrica.

### **2.4.2. Centrales de ciclo combinado**

Las centrales de ciclo combinado son aquellas en las cuales se combina el uso de turbinas de vapor y gas, además de los ciclos termodinámicos de Brayton y Rankine. Su funcionamiento consta de un motor compresor que inyecta aire a presión en una cámara de combustión donde se mezcla con el gas combustible, los gases producidos en la combustión son dirigidos a una turbina a gas, ese es el funcionamiento de una central de turbina a gas, para optimizar el proceso se lo combina con el proceso de la central de vapor, mediante una cámara de recuperación se aprovechan los vapores residuales del primer ciclo y se lo sobrecalienta, para hacer girar la turbina a gas.

### **2.4.3. Centrales hidroeléctricas**

Las centrales hidroeléctricas son un conjunto de equipos e instalaciones que producen energía eléctrica, cuenta principalmente con una presa que mantiene el agua embalsada y mediante rebosaderos liberan cantidades controladas hasta la sala de máquinas donde se encuentran las turbinas que producirán la energía mecánica que con el uso del generador se transformará en energía eléctrica.

#### **2.4.4. Centrales solares**

La energía eléctrica obtenida mediante centrales solares, es un tipo de energía renovable, existen 2 tipos de radiaciones la directa que es la radiación que atraviesa la atmósfera terrestre y es receptada por paneles solares o a la vez son reflejadas para sobrecalentar agua y vapor, la radiación indirecta es aquella que se obtiene por fenómenos de reflexión y difusión, esta es la mayor cantidad de radiación que existe en el planeta, para la generación eléctrica existen plantas de baja temperatura usadas en sistemas domésticos y su temperatura máxima llega a 100°C, las plantas de media temperatura se pueden instalar en plantas industriales en las cuales se pueda aprovechar los gases y vapores residuales y combinado con la radiación pueden llegar a temperaturas de entre 100°C y 300°C, las plantas solares de alta temperatura, son implementados en sectores donde los niveles de radiación directa e indirecta sean muy altos, principalmente implementados en el meridiano o la línea ecuatorial del planeta, mediante un sistema de sales combinadas, garantizan la generación constante, estos sistemas se los denomina termo solares.

#### **2.4.5. Parques Eólicos**

Los parques eólicos son un conjunto de equipos que aprovechan la energía cinética del viento para la producción de energía eléctrica, mediante aerogeneradores se aprovecha la corriente del viento que hace girar grandes palas para hacer girar el generador eléctrico, para su funcionamiento el viento debe tener una velocidad promedio de entre 10 y 30 m/s.

### **2.5.Sistema Eléctrico**

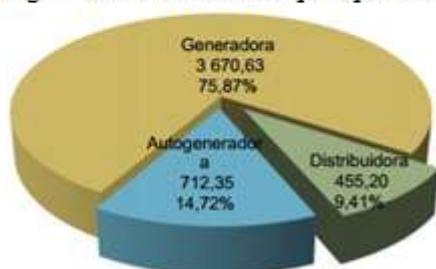
Un sistema eléctrico es un conjunto de elementos que garantiza el suministro de energía eléctrica de manera continua y sin interrupción desde los centros de generación, hasta los consumidores a través de líneas de transmisión, subtransmisión y redes de distribución, es necesario tener un estudio adecuado para el suministro del servicio eléctrico, para establecer todos los parámetros de seguridad y calidad del sistema, así como su protección para la reconexión y maniobra del mismo.

### **2.6.Generación eléctrica en el Ecuador**

Los agentes de generación eléctrica se califican en generadoras, distribuidoras con generación y auto generadoras, según datos estadísticos del sector eléctrico ecuatoriano del año 2011 proporcionados por el CONELEC, la principal fuente de generación eléctrica en el SIN, son las generadoras hidroeléctricas, que abastecen un 2.207,17 MW, que comprenden un 45.62%, seguida de la generación térmica, turbo gas, eólica y solar respectivamente, como se muestran en la figura 1-2.



**Figura 1 Potencia nominal por tipo de empresa (MW) (CONELEC)**



**Figura 2 Potencia Efectiva por tipo de empresa (MW) (CONELEC).**

Actualmente se encuentran en construcción grandes proyectos eléctricos tales como el Proyecto Hidroeléctrico Coca Codo Sinclair de 1500 MW Proyecto Hidroeléctrico Delsitanisagua de 180 MW de potencia ubicado en la provincia de Zamora Chinchipe, Proyecto Hidroeléctrico Manduriacu, de 60 MW de potencia, ubicado en las provincias de Pichincha e Imbabura, Proyecto Hidroeléctrico Mazar Dumas de 21 MW ubicado en la provincia de Cañar, Proyecto Hidroeléctrico Minas San Francisco de 21 MW de potencia, ubicado en la provincia de Cañar, Proyecto Hidroeléctrico Quijos de 50 MW de potencia, ubicado en la provincia de Napo, Proyecto Hidroeléctrico Sopladora de 487 MW de potencia, este es el tercer proyecto en un conjunto que forma el complejo Hidroeléctrico del Rio Paute, ubicado en el límite de las provincias de Azuay y Morona Santiago, Proyecto Hidroeléctrico Toachi Pilatón de 254.4 MW de potencia ubicado en las provincias de Pichincha y Santo

Domingo, de estos proyectos hidroeléctricos el más emblemático es el Proyecto Coca Codo Sinclair, ubicado en las provincias de Napo y Sucumbíos cuya construcción comenzó en el año 2010 y se espera que entre en operación en el primer trimestre del año 2016, además de la Central Eólica de Villonaco de 16.5 MW de potencia ubicado en la provincia de Azuay, el mismo que ya se encuentra en funcionamiento y abastece el 25% de la demanda de ciudad de Loja.

## **2.7.Distribucion Eléctrica**

Una vez que se obtiene la energía en eléctrica de los centros de generación esta es dirigida a centros de transformación en la cual se regula la frecuencia y niveles de voltaje para su derivación a los diferentes centros de cargas ubicados en ciudades e industrias.

Las empresas de distribución son responsables del abastecimiento del suministro eléctrico, según el artículo 34 de la ley del Régimen Eléctrico y el Reglamento de Suministro del Servicio de Electricidad, basado en esto las empresas de distribución anualmente deben presentar al CONELEC, los planes de expansión, basados en diagnósticos , estudios técnicos como flujo de carga y de cortocircuito, debido a que con estos estudios se determinan los requerimientos para líneas de subtransmision, subestaciones de transmisión, circuitos primeros y transformadores de distribución y redes de alta y baja tensión. (Fuente: Plan Maestro de Electrificación 2007 – 2016 CONELEC).

## 2.8. Niveles de voltaje en el Sistema Eléctrico Nacional.

En el sistema eléctrico nacional se encuentra normalizado los niveles de voltaje de transmisión, subtransmisión, media tensión y baja tensión.

Basados a ese principio de OHM se aumenta y se disminuye los niveles de voltaje en base a la corriente de carga de los clientes, estos dependiendo su demanda se los divide en clientes de servicio masivo (tarifa residencial) y grandes clientes (Industriales y grandes cargas).

### 2.8.1. Transmisión Eléctrica

Los niveles de transmisión y Subtransmisión se han definido en los últimos años, con la puesta en marcha de la construcción y mejora del sistema eléctrico ecuatoriano aumentando el nivel de voltaje a 500 KV en el anillo interconectado, esto comprendido en el sistema de transmisión. Ver tabla 1. Niveles de transmisión.

Tabla 1 *Niveles de Transmisión*

TRANSMISIÓN				
VOLTAJE	HILOS	FASES	FRECUENCIA	CARACTERISTICAS DE ABONADO
500 kW	4	3	60	Anillo Eléctrico Nacional
138 kW	4	3	60	Líneas de transmisiones

*Fuente: NATSIM 2012*

### 2.8.2. Subtransmisión Eléctrica.

Los niveles de subtransmisión establecidos en 69 KV que abastecen a las grandes industrias y empresas según su demanda energética, estas líneas son de propiedad de las empresas de distribución y ellas son las encargadas de suministrar el servicio. Ver tabla 2. Niveles de subtransmisión.

Tabla 2 *Niveles de Subtransmisión.*

SUBTRANSMISIÓN				
VOLTAJE	HILOS	FASES	FRECUENCIA	CARACTERISTICAS
69000	4	3	60	subestaciones eléctricas

*Fuente: NATSIM 2012*

### 2.8.3. Media tensión

Los niveles de media tensión están comprendido entre los 1000 V – 40.000 V, de los cuales las empresas de distribución eléctrica suministran únicamente 13800 V, alimentados desde subestaciones eléctricas ubicados en diferentes puntos dentro del predio urbano. Ver tabla 3. Niveles de media tensión.

Las acometidas suelen ser aéreas y subterráneas dependiendo de la infraestructura del cliente, estas acometidas llegan a centros de carga, principalmente vía subterránea a través de tubería rígida

Tabla 3 *Niveles de Media Tensión.*

MEDIA TENSIÓN				
VOLTAJE	HILOS	FASES	FRECUENCIA	CARACTERÍSTICAS DE ABONADO
$13800/\sqrt{3}$		1	60	30kW > demanda < 90 kW y capacidad instalada máx. 100 kVA $\emptyset$
13800	4	3	60	30kW > demanda < 1000kW

Fuente: NATSIM 2012

#### 2.8.4. Baja tensión

Los niveles de baja tensión normalizados en el sistema eléctrico ecuatoriano se mantienen entre los 0 V – 1000 V, las empresas de distribución que abastecen a los clientes residenciales únicamente con un suministro de 220 V – 110 V, dependiendo de las necesidades del cliente, estas acometidas son instaladas única y exclusivamente por las empresas de distribución y pueden ser aéreas o subterráneas dependiendo de la infraestructura del predio del cliente. Ver tabla 4. Niveles de baja tensión.

Tabla 4 Niveles de Baja Tensión.

BAJA TENSIÓN.				
VOLTAJE	HILOS	FASES	FRECUENCIA	CARACTERÍSTICAS DE ABONADO
120	2	1	60	demandas de hasta 3 kW
120/240	3	1	60	demandas hasta 30 kW
120/208	3	2	60	demandas hasta 30 kW, siempre que se disponga el servicio, caso contrario necesitará se instalar un transformador

Fuente: NATSIM 2012

#### 2.9. Tipos de abonados del sector eléctrico.

Basados en los pliegos tarifarios establecidos por en CONELEC, los abonados del servicio eléctrico se clasifican en consumidores comerciales e industriales

### **2.9.1. Consumidor residencial**

El consumidor residencial es aquel que utiliza los servicios de energía eléctrica exclusivamente al uso doméstico, es decir, en la residencia de la unidad familiar independientemente del tamaño de la carga conectada. También se incluyen a los Consumidores de escasos recursos económicos y bajos consumos que tienen integrada a su vivienda una pequeña actividad comercial o artesanal.

### **2.9.2. Consumidor comercial.**

Persona natural o jurídica, pública o privada que utiliza que utiliza los servicios de energía eléctrica para fines de negocio, actividades profesionales o cualquier otra actividad con fines de lucro. (CONELEC).

### **2.9.3. Consumidor industrial.**

Persona natural o jurídica, pública o privada que utiliza los servicios de energía eléctrica para la elaboración o transformación de productos por medio de cualquier proceso industrial. También se debe considerar dentro de esta definición a los agroindustriales, en los cuales existe una transformación de productos de la agricultura, ganadería, riqueza forestal y pesca, en productos elaborados. (CONELEC).

## **2.10. Organismos reguladores**

### **2.10.1. CNEL**

La Empresa Eléctrica Pública Estratégica Corporación Nacional de Electricidad CNEL EP está conformada por 10 Unidades de Negocio: Esmeraldas, Manabí, Santa Elena, Milagro, Guayas-Los Ríos, Los Ríos, EL Oro, Bolívar, Santo Domingo y Sucumbíos. CNEL EP ofrece el servicio de distribución eléctrica a un total de 1,25 millones de abonados, abarcando el 30% del mercado de clientes del país.

La Corporación Nacional de Electricidad CNEL se constituyó en diciembre de 2008 con la fusión de las 10 empresas eléctricas, que históricamente mantenían los indicadores de gestión más bajos. Teniendo como tarea principal el revertir dichos indicadores en aras de mejorar la situación de las 10 empresas. (CNEL)

Actualmente con la absorción de la empresa eléctrica de Guayaquil (ex EMELEC) en el 2014, la CNEL posee 10 unidades de negocio.

### **2.10.2. CONELEC.**

El 10 de Octubre de 1996, se publica la Ley de Régimen del Sector Eléctrico (LRSE) como respuesta a la necesidad de reformular el grado de participación estatal en este sector. Plantea como objetivo proporcionar al país un servicio eléctrico de alta calidad y confiabilidad, para garantizar su desarrollo económico y social, dentro de un marco de competitividad en el mercado de producción de electricidad.

La Ley del Régimen del Sector Eléctrico (LRSE) en el año 1996, creó El Consejo Nacional de Electricidad -CONELEC-, como persona jurídica de derecho público con patrimonio propio, autonomía administrativa, económica, financiera y operativa, que comenzó a operar el 20 de noviembre de 1997, una vez promulgado el Reglamento General Sustitutivo de la LRSE. Fuente: (CONELEC)

Con lo previamente citado se define como CONELEC al organismo regulador y controlador del servicio eléctrico y del alumbrado público general, que tiene la facultad de otorgar la concesión de distribución, en cada una de las áreas geográficas fijadas en el Plan Maestro de Electricidad.

### **2.10.3. CENACE**

El CENACE fue creado en la Ley de Régimen de Sector Eléctrico publicada en el Registro Oficial, suplemento 43 del 10/oct/1996, y su estatuto aprobado mediante acuerdo ministerial 151 del 27/oct/1998; como una Corporación Civil de derecho privado, sin fines de lucro, cuyos miembros incluyen a todas las empresas de generación, transmisión, distribución y los grandes consumidores. Sus funciones se relacionan con la coordinación de la operación del Sistema Nacional Interconectado (SNI) y la administración de las transacciones técnicas y financieras del Mercado Eléctrico Mayorista (MEM) del Ecuador, conforme a la normativa promulgada para el Sector Eléctrico (ley, reglamentos y procedimientos). Fuente: (CENACE)

## **2.11. Normativas**

Existen diferentes normativas nacionales e internacionales que son aplicadas y reguladas por el Conelec, con el fin de regular el sistema eléctrico nacional, en asuntos como facturación, inversiones, leyes que protegen al consumidor, leyes de gravámenes y derechos tensiones a obras de electrificación, reglamentos eléctricos para la generación, transmisión y suministro del servicio eléctrico, así como las regulaciones para suministrar el servicio de alumbrado público y facturaciones.

Las normativas supranacionales, que rigen en los países de la comunidad andina de naciones, para promover la equidad e igualdad social entre los países miembros.

Además de las actas del grupo de trabajos de los organismos reguladores de la comunidad andina GTOR y del comité andino de organismos normativos y organismos reguladores de servicio de electricidad CANREL que busca impulsar el desarrollo del tema eléctrico entre los países miembros. Fuente: (CONELEC).

### **2.11.1. Mandatos**

#### **Mandato No. 9.**

**Artículo 1.** El directorio de Fondo de Solidaridad, autorizara que los recursos patrimoniales de la institución, que en la actualidad mantiene como inversiones financieras y en operaciones de administración de fondos, se inviertan directamente en la capitalización de sus empresas eléctricas y de telecomunicaciones, mediante la ejecución de planes de inversión.

Los planes de inversión considerarán las necesidades prioritarias en todo el país, teniendo como objetivo la expansión, mejoramiento, ampliación de infraestructura física o nuevos proyectos. Por ningún concepto se destinarán los recursos para gasto corriente.

**Artículo 2.-** El Fondo de Solidaridad, a través de sus empresas, prioritariamente TRANSELECTRIC S.A., realizara las inversiones necesarias para ejecutar los planes y programas de expansión, mejoramiento, ampliación de infraestructura física o nuevos proyectos que requiere el sistema eléctrico de Guayaquil. Fuente: (CONELEC).

### **2.11.2. Leyes del sector eléctrico.**

Ley del Régimen del sector Eléctrico LRSE.

#### **Art. 1.- Deber del Estado.-**

El suministro de energía eléctrica es un servicio de utilidad pública de interés nacional; por tanto, es deber del Estado satisfacer directa o indirectamente las necesidades de energía eléctrica del país, mediante el aprovechamiento óptimo de recursos naturales, de conformidad con el Plan Nacional de Electrificación.

#### **Art. 11.-**

El sector eléctrico nacional estará estructurado de la siguiente manera:

- El Consejo Nacional de Electricidad;
- El Centro Nacional de Control de la Energía;

- Las empresas eléctricas concesionarias de generación;
- La Empresa Eléctrica Concesionaria de Transmisión; y,
- Las empresas eléctricas concesionarias de distribución y comercialización.

Fuente: (CONELEC).

### **2.11.3. Reglamentos**

En el análisis de los reglamentos del sector eléctrico el reglamento R.O. No. 401 en el Capítulo II del plan maestro de electrificación.

**Art. 11.- Objetivo.-** El Plan Maestro de Electrificación abarca el Sistema Nacional Interconectado (SNI) y los Sistemas Eléctricos No Incorporados. El Plan Maestro de Electrificación será elaborado para que garantice la continuidad del suministro de energía eléctrica y propicie el desarrollo de nueva capacidad de generación, fundamentado en el aprovechamiento óptimo de los recursos naturales, promoviendo su ejecución oportuna, agotando para ello los mecanismos previstos en la ley y demás normas aplicables.

Para tal efecto, el CONELEC mantendrá actualizado el inventario de los recursos energéticos del país con fines de producción eléctrica, para definir los proyectos de generación eléctrica que, como consecuencia de los estudios de planificación que el CONELEC realice, resulten técnica y económicamente más convenientes para el interés nacional.

**Art. 12.- Criterios.-** El Plan Maestro de Electrificación será elaborado por el CONELEC tomando en consideración los aspectos siguientes:

- a) La política nacional del sector eléctrico formulada por el Presidente de la República a través del Ministerio de Energía y Minas;
- b) La proyección de la demanda de energía eléctrica;
- c) El inventario de recursos energéticos y de proyectos para la producción de energía eléctrica;
- d) Los proyectos a ser ejecutados por la iniciativa privada;
- e) La reserva técnica recomendable para garantizar el suministro a nivel nacional;
- f) La incorporación efectiva de nuevas capacidades de generación;
- g) Las instalaciones de transporte y distribución acorde con la previsión de la demanda y el emplazamiento de las centrales de generación;
- h) Las acciones necesarias para promover la calidad en los servicios ofrecidos y consolidar la protección y conservación del ambiente; e,
- i) La adopción de políticas específicas para el uso racional de la energía eléctrica, con el fin de optimizar la eficaz utilización de la energía y la disminución de las pérdidas en todas las fases.

Fuente: (CONELEC).

#### **2.11.4. Normas NATSIM**

Se las denomina normas NATSIM (NORMAS DE ACOMETIDAS, CUARTOS DE TRANSFORMADORES Y SISTEMAS DE MEDICIÓN PARA EL

SUMINISTRO DE ELECTRICIDAD), establecidas por la Empresa Eléctrica Pública de Guayaquil., con el propósito de establecer normas y disposiciones para el diseño y la instalación de acometidas de servicio eléctrico, así como para la construcción de módulos de medición individuales, tableros de medidores, cuartos de transformación, montaje de transformadores monofásicos y/o trifásicos tanto convencionales como PadMounted para inmuebles de tipo residencial, comercial, industrial y otros servicios, estas normas son revisadas y actualizadas con los avances tecnológicos y las disposiciones del CONELEC. (Eléctrica de Guayaquil.)

### **CAPÍTULO 3 SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN SUBTERRÁNEA EN M/T**

Un sistema eléctrico de media tensión comprende los niveles de voltaje entre los 1.000 V – 40.000 V, en el sistema eléctrico ecuatoriano el nivel de voltaje suministrado por las empresas eléctricas de distribución es de 13800 V para clientes cuya demanda sobrepasa los 30 KW y en casos especiales cuando no exista la red en baja tensión.

Según el tipo de construcción las redes de distribución se clasifican en aéreas cuyos conductores se encuentran ubicados por encima del suelo soportados por postes

que son los puntos de apoyo y los sistemas subterráneos en donde los conductores se encuentran por debajo del suelo a través de ductos; Basados en el acuerdo ministerial #211 del Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, para la normalización del diseño y construcción de nuevas redes eléctricas y de telecomunicaciones subterráneas o para soterrar las líneas aéreas existentes, en las entradas a ciudades, centros históricos y nuevas planificaciones, se elabora esta tesis para analizar la metodología de las normas NATSIM y su aplicación a el cambio de sistemas aéreos a subterráneos.

Sin duda alguna tenemos ventajas y desventajas al realizar un cableado subterráneo con respecto al tendido eléctrico entre ellas tenemos:

### **3.1.Ventajas de cableado subterráneo**

- Mejoran el ornato de la ciudad minimizando el impacto visual
- Sistemas más seguros para el usuario
- Minimizan las pérdidas no técnicas evitando el hurto

### **3.2.Desventajas del cableado subterráneo**

- Alto costo de implementación debido a que requiere la construcción de zanja, cimentación dependiendo el tipo de suelo y construcción de cajas de paso.
- Dificulta la identificación de las fallas
- Mantenimiento es más laborioso
- Al ser subterráneo está expuesto a factores como la humedad y roedores

### **3.3. Características generales de un sistema eléctrico subterráneo.**

Los sistemas eléctricos deben cumplir ciertas características que nos garanticen un sistema confiable, continuo, flexible, seguro y económico, que cumplan con los estándares de calidad del servicio.

#### **3.3.1. Confiabilidad.**

Un sistema eléctrico debe ser confiable, ya que principalmente abastecerá a grandes clientes, en su mayoría industrial y comercial, por lo que debe tener un sistema de distribución y protección que garantice el servicio eléctrico y en el caso de existir falla no afecte a todo el área.

#### **3.3.2. Continuidad.**

La continuidad de suministro eléctrico está basada en la calidad de servicio relacionado al número y duración de las interrupciones.

#### **3.3.3. Flexibilidad.**

La flexibilidad del sistema eléctrico se define como la capacidad de expansión de la red en la instalación de a futuras nuevas cargas y su disponibilidad, por lo que deben estar diseñados de tal manera que permitan una rápida adaptación minimizando costos.

### **3.3.4. Seguridad.**

El sistema eléctrico debe garantizar la seguridad de las personas de tal manera que puedan operar el servicio en condiciones normales y anormales (sistema eléctrico subterráneo expuesto a inundaciones), y garantizar la seguridad de las infraestructuras de los abonados.

### **3.3.5. Aspecto económico**

En un sistema eléctrico, no se debe escatimar valores económicos, puesto que debe implementarse de manera segura, garantizando la continuidad del servicio, sin bajar la calidad de materiales ni su capacidad.

### **3.3.6. Estética**

La estética es la principal ventaja del sistema de distribución subterráneo, debido a que al poseer todos sus elementos de manera subterránea, este minimiza el impacto visual que producían los tendidos eléctricos en las redes de distribución aéreas, dando mejor imagen a la ciudad y sectores residenciales.

## **3.4. Estudio de incremento poblacional en zona de estudio**

Según los estudios de censo realizado por el INEC., la ciudad de Guayaquil, esta poseerá un incremento poblacional de cerca de 30.000 habitantes promedio por

año, equivalente al 1.5% aproximadamente. Ver figura 3. Proyección de la población ecuatoriana.

PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN ECUATORIANA, POR AÑOS CALENDARIO, SEGÚN CANTONES 2010-2020									
Código	Nombre de canton	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
707	HUAQUILLAS	53.237	54.272	55.304	56.336	57.366	58.393	59.417	60.440
708	MARCABELI	5.871	5.932	5.991	6.048	6.103	6.157	6.209	6.259
709	PASAJE	79.451	80.674	81.883	83.079	84.262	85.430	86.583	87.723
710	PIÑAS	28.086	28.411	28.729	29.039	29.343	29.638	29.925	30.206
711	PORTOVELO	13.146	13.284	13.417	13.547	13.673	13.795	13.913	14.028
712	SANTA ROSA	75.089	76.148	77.191	78.218	79.231	80.227	81.206	82.171
713	ZARUMA	25.432	25.493	25.544	25.584	25.615	25.638	25.651	25.654
714	LAS LAJAS	5.021	5.019	5.014	5.007	4.999	4.988	4.977	4.963
801	ESMERALDAS	203.881	206.298	208.615	210.833	212.952	214.975	216.901	218.727
802	ELOY ALFARO	42.694	43.176	43.637	44.077	44.497	44.895	45.272	45.629
803	MUISNE	30.183	30.366	30.532	30.680	30.811	30.926	31.025	31.106
804	QUININDE	132.965	134.973	136.925	138.826	140.670	142.462	144.198	145.879
805	SAN LORENZO	48.859	50.727	52.634	54.584	56.570	58.596	60.662	62.772
806	ATACAMES	46.479	47.754	49.033	50.319	51.607	52.899	54.195	55.495
807	RIOVERDE	29.023	29.413	29.789	30.152	30.503	30.840	31.164	31.475
808	LA CONCORDIA	46.926	47.776	48.612	49.435	50.241	51.033	51.810	52.571
901	GUAYAQUIL	2.531.223	2.560.505	2.589.229	2.617.349	2.644.891	2.671.801	2.698.077	2.723.665
902	ALFREDO BAQUERIZO MORENO	27.822	28.426	29.034	29.646	30.259	30.874	31.491	32.110
903	BALAO	22.718	23.228	23.741	24.258	24.777	25.299	25.822	26.348
904	BALZAR	57.507	57.953	58.382	58.792	59.186	59.563	59.921	60.260

**Figura 3** Proyección de la población Ecuatoriana.  
Fuente: INEC.

Las principales zonas de Guayaquil en las cuales se encuentran desarrollando proyectos urbanísticos para los próximos años, son la autopista Narcisca de Jesús Terminal Terrestre – Pascuales, en la cual se encuentran en desarrollo proyectos urbanísticos fomentadas por la Muy Ilustre Municipalidad de Guayaquil y otros grupos inmobiliarios privados.

Otro sector en el cual se prevén en los próximos 5 años proyectos inmobiliarios es la vía Daule a partir del km 12 que es un sector industrial, en el cual se desarrollaran proyectos poblacionales desarrollados por la municipalidad de Guayaquil.

En ambos sitios los proyectos urbanísticos existen terrenos que poseerán permiso municipal para la implementación de negocios, por lo que hay que considerar centro comercial y local de diferentes índoles, vulcanizadoras, casas comerciales, etcétera, por lo que habría de considerar con anticipación todas estas futuras cargas.

Al realizar el estudio de dimensionamiento de cableado subterráneo, su dimensionamiento se proyecta para 30 años, tanto en infraestructura como para conductores.

### **3.5 Cálculo de la demanda máxima unitaria (DMU).**

Existen varios criterios para el cálculo de la demanda mensual, por lo que dificulta el diseño de la red, en todo caso el diseño no está regulado por normativa alguna, los diseños que se realizan en la actualidad dependen mucho del proyectista y las justificaciones que esté presente a la empresa de distribución previa la aprobación del proyecto.

#### **3.5.1 Norma INEN 1753**

Entre las normativas nacionales tenemos la Norma INEN 1753 REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA REQUISITOS, en esta normativa divide los abonados en usuarios tipo: A, B, C, D, E, F, con valores de demanda de diseño analizados en la normativa para red primaria de 15 años y centros de transformación y circuitos secundarios de 10 años. Se anexa tablas de valores de diversidad, para la determinación de demanda de diseños de la normativa INEN 1753.

### 3.5.2. Manual EBASCO.

Entre los métodos internacionales tenemos el método EBASCO, el mismo que es mencionado en el manual práctico de electricidad para ingenieros.

#### 3.5.2.1 Demanda por abonado

La demanda mensual por abonado está basada en un cálculo de aproximadamente 100 kW por metro cuadrado de construcción en el predio.

$$kW = \frac{\text{Demanda Mensual por Abonado}}{49.7 \times \text{Demanda de Abonado}^{0.154}}$$

#### 3.5.2.2 Factor de Coincidencia

El factor de coincidencia es un valor que establece la probabilidad de que todos los usuarios estén consumiendo la máxima potencia en un mismo tiempo.

$$FC = FQ + \frac{0.62}{\# \text{ de Abonados}}$$

Dónde:

FQ: Constante = 0.38

#ABONADOS: Número de abonados en el sector.

### 3.5.2.3 Factor de Potencia

El factor de potencia se lo define como la relación entre la potencia activa y la potencia aparente dada en Kw y kVA respectivamente. En conjuntos residenciales por lo general el factor de potencia es 1 o se aproxima al mismo, debido que las cargas domiciliarias en su mayoría son activas, con relaciones a las cargas industriales que son reactivas debido a la presencia de motores y otros equipos, el factor de potencia menor a 0.93 está penalizado por las empresas de distribución, debido a que estos disminuyen el tiempo de vida útil de los equipos.

### 3.5.2.4 Potencia del Transformador

Para el cálculo de la potencia del transformador usamos la siguiente fórmula:

$$PT = kW \text{ Abonado} \times \# \text{ Abonados} \times FP = kW$$

$$PT = \frac{kW}{FP} = kVA$$

Dónde:

kW abonados: kW por abonado individual

#Abonados: Números de abonados del Área

FP: Factor de Potencia.

Para las cargas, la proyección de la Demanda Máxima Unitaria - DMU, es del orden del 2% anual, sin embargo ésta puede variar (1 y 2% más) en función de la

proyección urbanística de la zona de influencia, considerando la actividad económicas de los potenciales consumidores comerciales.

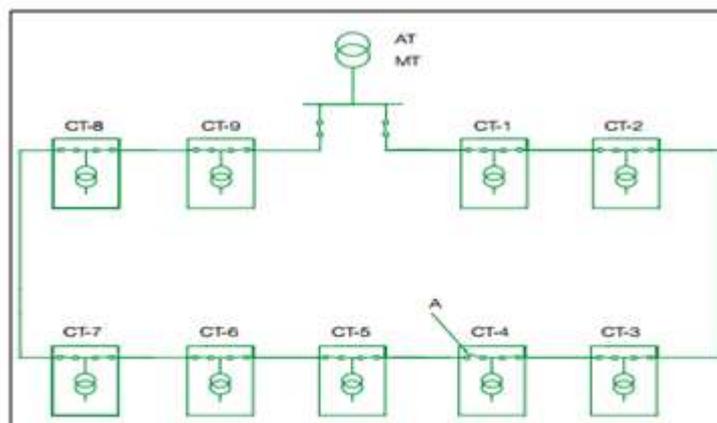
La DMU dependerá del tipo de consumidores en la zona de estudio para el cálculo de la demanda es importante considerar factores que pueden afectar a nuestro diseño, como futuras edificaciones, centros comerciales, talleres, fabricas, estaciones de bombeo, etc.

### **3.6 Centros de carga**

Un centro de carga es un elemento que sirve para dividir y proteger circuitos eléctricos, desde las cargas domesticas con centros de carga de entre 4 – 20 circuitos denominados paneles de breaker y las grandes cargas en un sistema de media tensión, dependiendo de las necesidades existen centros de carga de 1, 2 3 y 4 circuitos para el control de áreas de mayor demanda, de uso comercial, residencial e industrial, la distribución de los centros de carga pueden darse por distribución en anillo eléctrico o por Distribucion radial.

#### **3.6.1 Distribución en anillo abierto**

La distribución en anillo eléctrico como se observa en la Figura 4. Forma un circuito en forma de anillo, la ventaja y característica principal es que al presentar un corto circuito que interrumpa el suministro eléctrico, este será aislado y el tiempo de reposición de servicio será corto.

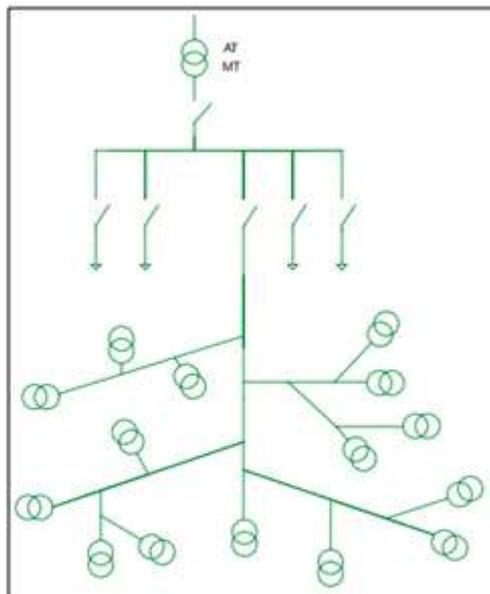


**Figura 4** Distribucion en anillo Abierto  
*Fuente: Schneider Electric. (Schneider Electric, 2011)*

### 3.6.2 Distribución radial

La distribución radial de centros de carga es la configuración más usada, por su simplicidad con respecto a la distribución radial, y en otros casos por que el crecimiento de las cargas ha incrementado y no se ha llevado un diseño de crecimiento.

Con respecto a la distribución en anillo este sistema tiene menos calidad de suministro ya que al ocurrir un fallo en el sistema interrumpe no solo una carga especifica sino una rama de distribución véase en la figura 5. por lo que el tiempo de reposición de servicio en general más largos.



**Figura 5 Distribucion Radial**  
*Fuente: Schneider Electric (Schneider Electric, 2011).*

### 3.7 Clasificación de centros de carga según su capacidad.

Los centros de carga son instalaciones que según la función, ubicación los centros y capacidad estos pueden clasificarse en:

- Centros de distribución
- Centros de transformación e interconexión

### 3.8 Centros de transformación e interconexión

Los centros de interconexión son instalaciones que permiten la interconexión de redes de media tensión de un mismo circuito, estos centros poseen elementos de interconexión, protección, puesta a tierra y transformación que además suministran el servicio eléctrico a los abonados en baja tensión.

### **3.9 Clasificación de transformación según su ubicación.**

Según su ubicación y disposición los centros de carga pueden clasificarse en:

- Centro de transformación Interior
- Centro de transformación exterior
- Centro de transformación subterráneo

#### **3.9.1 Centro de transformación interior**

Los centros de transformación interior son aquellos que tienen todos los elementos en una edificación dentro de edificio o lote que alimentara.

#### **3.9.2 Centro de transformación exterior**

Los centros de transformación exterior son aquellos que contienen los elementos en uno o varios edificios prefabricados y los anexos a los edificios que tiene que alimentar.

#### **3.9.3 Centro de transformación subterránea**

Los centros de transformación subterránea es aquella que contiene los elementos interiores de un área subterráneo o bóveda, que tiene acceso únicamente desde la vía pública.

### **3.10 Celdas de Media Tensión**

Las celdas de media tensión es un conjunto de elementos eléctricos como interruptores de potencia, seccionadores, variadores, etc., que garantizan la protección

de equipos como motores , transformadores, estos se encuentran en una estructura metálica cuya función es recibir y distribuir la energía eléctrica.

La normativa NATSIM indica que cuando se considera la instalación de un transformador trifásico o banco de transformadores, cuya capacidad de transformación exceda los 500 kVA, se deberá prever la instalación, de un interruptor automático para operación con carga o un seccionador fusible para la operación simultánea de las fases bajo carga. Este equipo deberá ser suministrado por el Consumidor, previa aprobación del Distribuidor. Su ubicación podrá ser en un ambiente adyacente del cuarto de transformadores pero separado por una pared de mampostería.

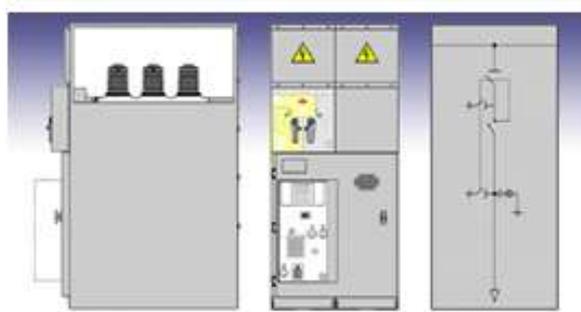
Cuando se considera la instalación de 2 o más un bancos de transformadores para un edificio o industria, se deberá instalar un interruptor automático principal que sirva para operación con carga o seccionadores tipos fusibles para el accionamiento simultáneo de las tres fases, además de un juego de barras de alimentación en media tensión y como protección individual para cada instalado transformador, un interruptor de tipo automático o seccionadores tipo fusibles similares al principal (EP., 2012).

Tomando en consideración la normativa vigente NATSIM se realiza el análisis de las celdas de carga la normativa analizada no indica tipo de celdas de protección la misma varían según el requerimiento del cliente y estas se clasifican en:

- Celda de línea
- Celda de protección general

### **3.10.1. Celda de Línea**

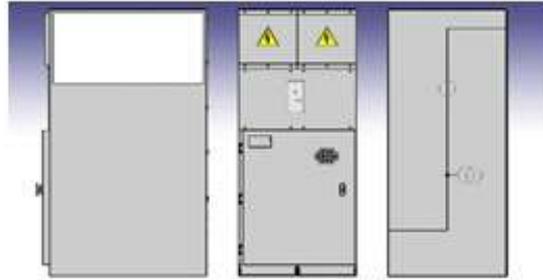
Las celdas de línea suelen ubicarse a continuación de la celda de entrada y su uso es proteger la instalación de posibles problemas y fallas que puedan ocurrir. Este funcionamiento se la realiza de dos maneras, mediante fusibles o utilizando un interruptor automático SF6 para media tensión. Ver figura 6. Celdas de media tensión con protección SF6.



**Figura 6 Celdas de Media tensión SF6**  
**Fuente: Ingeniería Triple E. (Ingeniería Triple E)**

### **3.10.2. Celda de protección general**

La celda de protección general son equipos usados para la medida de lectura, equipados con un transformador de tensión e intensidad, estos toman las lecturas, las mismas que son mostradas en un lector instalado en la parte frontal del equipo, estos equipos son usados en fábricas, edificios y en lugares donde se requiera un control de los valores de voltaje y amperaje. Ver figura 7. Celdas de media tensión de protección general.

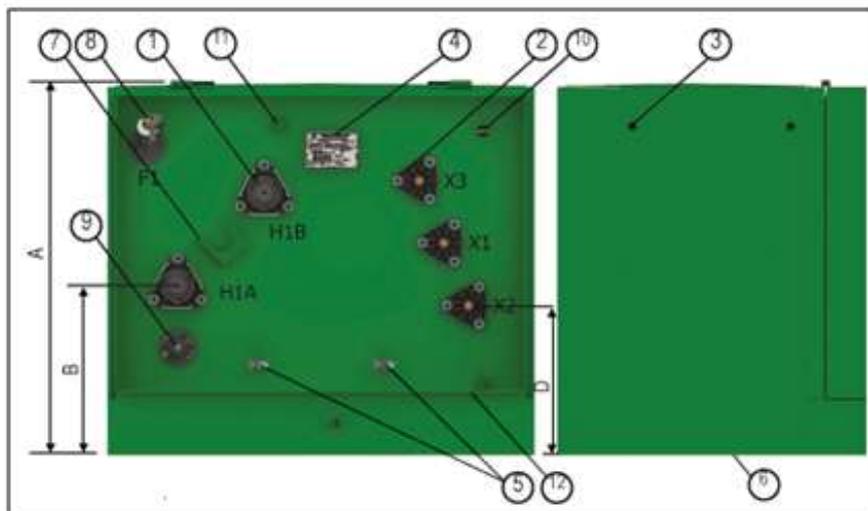


**Figura 7 Celdas de media tensión de protección general.**  
*Fuente: Ingeniería Triple E. (Ingeniería Triple E)*

### 3.11. PadMounted

Los transformadores tipo pedestal más conocidos con PadMounted, son transformadores estos son equipos que han sido diseñados para uso exterior de líneas subterráneas de media y baja tensión, su principal ventaja es que son equipos compactos que contienen la parte funcional del transformador (ver figura 8. Partes de transformador Padmounted):

- |                                   |                                   |
|-----------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Aislador de tensión superior   | 8. Fusible bay-o-net              |
| 2. Aislador de tensión inferior   | 9. Mando externo del conmutador   |
| 3. Gancho para izar               | 10. Válvula de sobrepresión       |
| 4. Placa de características       | 11. Dispositivo de llenado        |
| 5. Conector de Puesta a tierra    | 12. Compartimiento de T.S. y T.I. |
| 6. Estructura de apoyo y fijación | 13. Fecho del compartimiento      |
| 7. Soporte para desconectables    |                                   |



**Figura 8 Partes de Transformador PadMounted.**  
**Fuente: Romagnole. (Romagnole)**

La norma NATSIM indica que cuando el consumidor sobrepasa los 30 KW, este requiere un transformador, el mismo que será suministrado e instalado por el consumidor en un cuarto el mismo que debe ser habilitado para el efecto, cuya capacidad, así como niveles de voltaje en el primario y secundario además del tipo de conexión que debe especificarse en el diagrama unifilar del proyecto, el mismo que debe ser presentado al Distribuidor para su aprobación.

Cuando en el diseño eléctrico se especifique el uso de transformadores tipo PadMounted, este deberá ser ubicado en un espacio dentro de la línea del cerramiento frontal y la construcción del inmueble, manteniendo una separación mínima de 1.5 m. desde la parte frontal del transformador y a 0.5m desde las partes lateral y posterior del transformador, respecto a las paredes más cercanas de la ubicación del equipo, permitiendo de esta manera la operación del mismo. En caso de que se requiera instalar el equipo en un área donde exista movimiento vehicular, deberá colocarse una barrera protectora, cuyos detalles deberán ser aprobados por el Distribuidor. En el caso de que

no exista cerramiento frontal alguno, el transformador deberá ser instalado a una distancia mínima de 0.50 m. Los tableros donde se realicen la medición, el módulo con disyuntor principal, los tableros de distribución, deberán ser instalados con separación mínima de 1.00 m respecto a las paredes del equipo PadMounted, con el propósito de contar con un área de trabajo adecuada frente a estos equipos. (EP., 2012).

### **3.12. Switchgear.**

Los switchgear son equipos usados en distribución de redes de media o baja tensión subterráneas, debido a que este presenta elementos de protección y seccionamiento de redes de una manera más compacta.

Los switchgear más usados son el tipo visto debido a que le da mayor confiabilidad y seguridad a la red, además de minimizar los tiempos de fallas.



**Figura 9 Switchgear Tipo Vista pedestal.**  
*Fuente: (S&C ELECTRIC COMPANY)*

#### **3.12.1. Ventajas.**

- Equipos compactos.

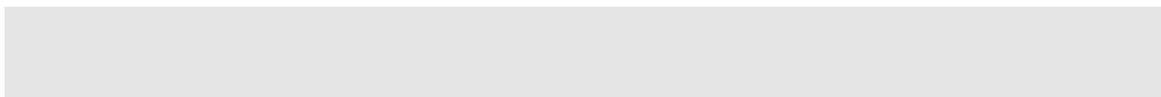
- Reúne los terminales de conductores de una manera sencilla y segura
- Admite mayor cantidad de seccionadores de redes.
- Controles aislados

### **3.12.2. Características de Swichgear tipo vista.**

Las características de los Swichgear depende de las necesidades para que se requiera, en el caso de una red de distribución, este nos ofrece mayor, ventaja, debido a que podemos controlar y operar una mayor cantidad de secciones de redes desde un mismo punto.

En la tabla 5 podemos observar que el Swichgear ofrece protecciones de interruptor de falla y seccionador interruptor de carga, que nos permite controlar de una manera confiable y segura la red de distribución.

Tabla 5 *Características de Swichgear.*



kV			Amperios, RMS					
Clase de sistema	Máx.	Nivel básico de aislación (NBAI)	Nominal de barra principal	Cortocircuito, sim.	Interruptor de falla		Seccionador interruptor de carga	
					Nominal y corte bajo carga	Int. de falla de ciclo de trabajo de diez operaciones, sim.	Nominal y corte bajo carga	Mom. y de un segundo, sim.
15.5 (12)	15.5 (15.5)	95 (95)	600 (630)	12 500 (12 500)	200 (200)	12 500 (12 500)	600 (630)	12 500 (12 500)
				25 000 (25 000)	600 (630)	25 000 (25 000)	600 (630)	25 000 (25 000)
27 (24)	29 (29)	125 (125)	600 (630)	12 500 (12 500)	200 (200)	12 500 (12 500)	600 (630)	12 500 (12 500)
				25 000 (25 000)	600 (630)	25 000 (25 000)	600 (630)	25 000 (25 000)
38 (36)	38 (38)	150 (150)	600 (630)	12 500 (12 500)	200 (200)	12 500 (12 500)	600 (630)	12 500 (12 500)
				25 000 (25 000)	600 (630)	25 000 (25 000)	600 (630)	25 000 (25 000)

Fuente: (S&C ELECTRIC COMPANY)

## CAPÍTULO 4. CONDUCTORES ELÉCTRICOS PARA MEDIA TENSIÓN SUBTERRÁNEO.

Para la selección del tipo de conductores existen diversos factores que deben ser considerados, especificar si el conductor estará en movimiento o estático para el desarrollo de esta investigación se lo considera estático por lo que la red de media tensión será subterránea (13.8kV).

### 4.1 Cables subterráneos.

Los cables subterráneos de media tensión están conformados por varias capas véase en la figura 10, cada una con una función específica para garantizar la continuidad y la calidad del servicio.

Conductor  
Semiconductor  
Aislamiento



**Figura 10** Cable Subterráneo.  
Fuente: Constructor Eléctrico. (Whitehouse, 2012)

Cubierta

Semiconductor externo  
Neutro o pantallas metálicas

#### 4.1.1. Conductor

El conductor es el elemento más importante del cable, este es por el cual fluye el amperaje, normalmente el conductor esta hecho de cobre o aluminio dependiendo de las necesidades y uso que se le dará a la red.

##### 4.1.1.1. Conductor de cobre

El cobre es un material que conduce de manera excelente la electricidad por su baja resistencia eléctrica, esto es el mejor material para reducir las pérdidas eléctricas por efecto Joule. Además posee propiedades más beneficiosas con respecto a otros materiales. Ve figura 11. Conductor de cobre.



**Figura 11** *Conductor de Cobre (Cu)*  
*Fuente: Cables de Energía para media tensión. (Conductores Latincasa)*

##### 4.1.1.2. Conductor de aluminio

El aluminio en los últimos años es un material que se ha venido utilizando en el sector eléctrico por sus propiedades, la conductividad del aluminio es de 64% con respecto a la conductividad del cobre, por lo que un conductor de aluminio debe tener un mayor diámetro transversal. Ver figura 12. Conductor de aluminio.



**Figura 12** *Conductor de Aluminio (Al)*  
*Fuente: Cables de Energía para media tensión. (Conductores Latincasa)*

Actualmente se desarrollan nuevas aleaciones de cobre y aluminio para la elaboración de barras y conductores eléctricos que mejoren las propiedades eléctricas de ambos materiales.

#### **4.1.2. Semiconductor interno**

El semiconductor interno es una capa de material polimérico que recubre al conductor, su función es igualar el campo eléctrico a través del cable ya que este no posee una superficie regular debido a que al estar compuesto de diferentes alambres, el campo eléctrico que emite el semiconductor tampoco es homogéneo.

#### **4.1.3. Aislamiento del cable.**

Un aislante es un material que no conduce electricidad bajo condiciones normales, la mayoría de los compuestos aislante son no metálicos. La característica física y química de los aislantes es poseer pocos o ningunos electrones libres bajo condiciones normales que son los que conducen la corriente. Existen diferentes tipos

de aislamientos usados para conductores de media tensión, esta capa de aislamiento es sumamente importante debido a su función que es aislar los conductores con la finalidad de mantener el campo eléctrico en el conductor del cable, los aislantes este deben estar hecho de un material que no permita el flujo de electrones a través de su estructura molecular, entre los aislante más usados tenemos:

- PVC - Policloruro de Vinilo
- XLPE - Polietileno reticulado
- EPR - Goma etilempropilénica

#### **4.1.3.1. Aislante PVC – Policloruro de Vinilo.**

El aislante Policloruro de Vinilo PVC es el material que ha sido más usado para los conductores de media tensión, con el avance tecnológico se han desarrollado nuevos aislantes que lo han dejado de lado, pero aun así este se sigue usando.

##### Ventajas

- Posee resistencia mecánica
- Es resistente al impacto
- Resistente en ambientes agresivos

##### Desventajas

- Presenta baja resistencia dieléctrica
- Baja temperatura de operación, se deforma en altas temperaturas

#### **4.1.3.2. Aislante XLPE - Polietileno reticulado**

El aislante de polietileno reticulado normalmente abreviado PXL o XLPE es un material que permite que los conductores operen en temperaturas superiores a los 100 °C, debido a que están elaborados por polietilenos de alta densidad que poseen enlaces entrecruzados en la estructura del polímero. (Tecnología de Plásticos., 2014).

#### **4.1.3.3. Aislante EPR Goma etilempropilénica**

Los aislantes EPR, de goma o caucho etilempropilénica es un material con características aislantes muy similares al aislante XLPE, pero su ventaja es que representa mayor flexibilidad al conductor, es ideal para usar en cables dúplex o triplex, ya que mantiene su características de aislamientos y le da mayor flexibilidad.

#### **4.1.4. Semiconductor externo**

El semiconductor externo es un material que funciona como aislamiento cuyo propósito es de limitar el campo eléctrico del cable, el material usado para el semiconductor eléctrico es un polímero con un alto contenido de negro de humo para que el material conduzca la electricidad. Esto permite que la superficie semiconductor externa de la capa esté a potencial de tierra, esta capa semiconductor es de mayor flexibilidad y de fácil pelado, siendo solo una cobertura externa.

#### **4.1.5. Neutros o pantallas metálicas**

Los neutros o pantallas metálicas cumplen la función de llevar la corriente de retorno esto se debido a existen desbalances en los circuitos o comúnmente conocidos como corrientes de falla, los neutro o pantallas también sirven para contener al semiconductor externo a potencial de tierra. Estas pantallas por lo general, son fabricadas en materiales tales como el cobre, aluminio o plomo, y también pueden ser aplicados como alambres helicoidales (véase en Figura 10).

#### **4.1.6. Cubiertas**

Las cubiertas tienen la función dar protección mecánica al cable esta analizarse sus propiedades mecánicas y de abrasión previas a la selección del conductor, además de resistencia química y ataques de contaminantes como humedad, rayos del sol y elementos químicos que se encuentren en la tierra.

#### **4.2. Cálculo de Conductor.**

Para el cálculo de conductor nos basamos en la norma internacional IEC 60287, donde se determina la potencia que un cable puede transportar, para esto se analizan factores como temperatura, disipación de calor, condiciones ambientes e instalación.

##### **4.2.1. Cálculo de capacidad de corriente de línea**

El cálculo de la corriente de línea, se la realiza en el lado del primario tomando en cuenta todas las cargas y futuras cargas que puedan darse en el área de estudio, para el caso de análisis de cargas se evalúan los abonados según su estatus social, factor de coincidencia.

$$I_n = \frac{S}{\sqrt{3}xV}$$

Dónde:

S: potencia nominal del transformador (kVA)

U: tensión nominal de la red (kV)

In: intensidad en el lado del primario (A)

Con la corriente de línea obtenida, se comparan con los valores en las tablas de especificaciones técnica, que proporciona cada fabricante de conductor.

### **4.3. Empalme Unipolares**

Los empalmes son uniones de conductores eléctricos para la interconexión a de puntos y acometidas, es importante realizar excelentes empalmes, debido a que esto puede definir la calidad del servicio eléctrico, en media tensión usamos conductores de secciones considerables, por lo que constantemente se realizan nuevas tecnologías para el empalme de estos conductores.

En líneas unipolares de media tensión cuando se realiza el empalme es necesario que se reconstruya cada capa, de tal manera que se proteja al conductor (véase en figura

13.) contra factores como la humedad y roedores que puedan existir, recordando que el diseño de la red es subterráneo.

En la normativa NATSIM no indica que tipos de normativa acerca de los tipos de empalmes y las condiciones necesarias básicas que estas deben cumplir, los empalmes unipolares de la empresa Cellpack que cumplen con los ensayos CENELEC HD 629.1 (European Committee for Electrotechnical Standardization, en la unidad de propiedad intelectual del Ecuador en las redes de distribución de energía eléctrica en la sección de soterramiento, hace mención que los empalmes de media tensión deben cumplir con la normativa IEE Std 404.



**Figura 13.** *Empalme de conductores monopolares.*

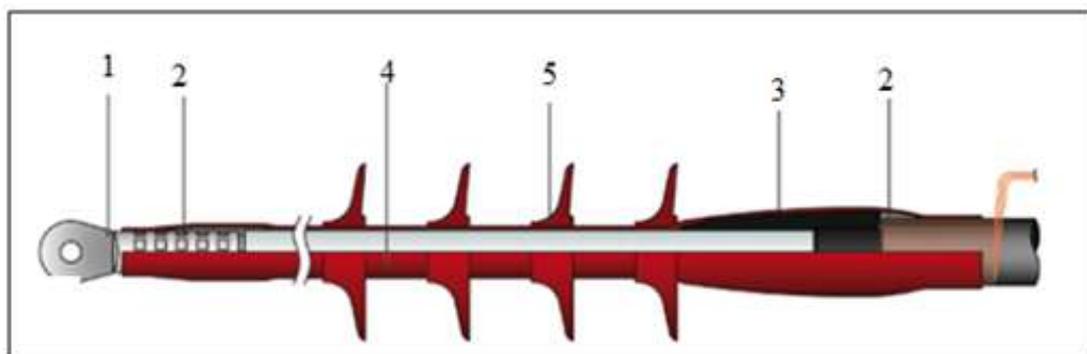
*Fuente: (Cellpack Electrical Products, 2012)*

#### **4.4. Terminales de Media Tensión.**

Los terminales de media tensión son elementos eléctricos que se utilizan para realizar una conexión segura desde el punto de interconexión de la red, hasta las derivaciones de los centros de carga y switch gear, en la figura 14 se muestra la conformación de un terminal de media tensión con todos los elementos necesarios que

garanticen la confiabilidad del sistema, este tipo de terminal se obtuvo la información de la empresa Cellpack Electrical Products,

1. Terminal
2. Cinta de estanqueidad
3. Elemento de control
4. Protección exterior
5. Campanas de silicona resistente a corrientes de fuga.



**Figura 14** *Terminales de media tensión.*

*Fuente: (Cellpack Electrical Products, 2012)*

## **CAPÍTULO 5. TOPOLOGÍA Y TIPO DE SUELO**

En este capítulo se hará un análisis de la topología del terreno, es necesario realizar un estudio del tipo del suelo, debido a que este será el responsable de resistir cargas o peso, y en base al tipo de suelo se realiza un mejoramiento del terreno. Previo

a la construcción de la redes de distribución, se requiere la autorización del Distribuidor de Energía Eléctrica, la empresa municipal además de otras empresas de servicios básicos, se debe solicitar autorización con una anticipación de al menos 72 horas.

### 5.1. Tipos de Suelo

Para la definición de los tipos de suelo se los clasifican en perfiles, los mismos que son especificados en una clasificación que se basa en el estudio de los 30 m superiores en los perfiles tipo A, B, C, D y E, además del perfil tipo F en el cual se aplican otros criterios para su definición tanto en los 30 m superiores como en los 30 m inferiores, como se los muestra en la siguiente tabla 6. Clasificación de los perfiles del suelo.

**Tabla 6** *Perfiles de suelo.*

Tipo de perfil	Descripción	Definición
A	Perfil de roca competente	$V_s \geq 1500$ m/s

B	Perfil de roca de rigidez media	1500 m/s >Vs ≥ 760 m/s
C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	760 m/s >Vs ≥ 360 m/s
	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con cualquiera de los dos criterios	N ≥ 50.0 Su ≥ 100 KPa (≈ 1 kgf/cm <sup>2</sup> )
D	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	360 m/s >Vs ≥ 180 m/s
	perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones	50 > N ≥ 15.0 100 kPa (≈ 1 kgf/cm <sup>2</sup> ) > Su ≥ 50 kPa (≈ 0.5 kgf/cm <sup>2</sup> )
E	Perfil que cumpla el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	Vs < 180 m/s
	perfil que contiene un espesor total H mayor de 3 m de arcillas blandas	IP > 20 w ≥ 40% Su < 50 kPa (≈ 0.5 kgf/cm <sup>2</sup> )
F	<p>Los perfiles de suelo tipo F requieren una evaluación realizada explícitamente en el sitio por un ingeniero geotecnista.</p> <p>F1—Suelos susceptibles a la falla o colapso causado por la excitación sísmica, tales como; suelos licuables, arcillas sensitivas, suelos dispersivos o débilmente cementados, etc.</p> <p>F2—Turba y arcillas orgánicas y muy orgánicas (H &gt;3m para turba o arcillas orgánicas y muy orgánicas).</p> <p>F3—Arcillas de muy alta plasticidad (H &gt;7.5 m con índice de Plasticidad IP &gt;75)</p> <p>F4—Perfiles de gran espesor de arcillas de rigidez mediana a blanda (H &gt;30m)</p> <p>F5—Suelos con contrastes de impedancia α ocurriendo dentro de los primeros 30 m superiores del perfil de subsuelo, incluyendo contactos entre suelos blandos y roca, con variaciones bruscas de velocidades de ondas de corte.</p> <p>F6—Rellenos colocados sin control ingenieril.</p>	

## 5.2.Trayectoria

Es importante definir la distancia de las cajas de paso y de revisión con un límite de 30m, para la trayectoria se debe considerar los cambios de dirección, ubicación existente de tuberías de agua potable, aguas servidas, redes telefónicas, la acometida del primario, cajas de revisión, cajas de paso para acometidas de abonados

y futuros proyectos de ampliación que pueda existir en las áreas anexas, estos detalles son esenciales para poder realizar el diseño, ya que permitirá minimizar la cantidad de cajas de paso y la ruta del cableado, mejorando la simplicidad del diseño de la red.

### **5.3.Cajas de paso y revisión**

Las cajas de paso son de vital importancia para el sistema eléctrico subterráneo, en ellas realizaremos trabajos de revisión, identificación de fallas, mantenimientos, conexión de nuevos abonados y otros.

El diseño de cajas de paso de redes de M/T, están basados en la normas NATSIM, estas deben construirse de hormigón simple o de hormigón armado con varillas de hierro negro de 3/8" espaciadas 15cm vertical y horizontalmente, sin importar que estas sean ubicadas en la calle o en la acera. Las dimensiones interiores de la caja no deben ser inferiores a las dimensiones establecidas por la normativa NATSIM 80x80x80cm. En las cajas de paso que sean construidas en la acera para el cruce de calles deberán construirse con una profundidad de 100 cm, con las dimensiones de 160x80x100cm., normalmente se usan tapas de un solo cuerpo para conductores menores a 2/0 AWG, cuando el cableado de M/T es igual o mayor a 2/0 AWG se debe usar tapa doble, las medidas establecidas por las normas garantizan que la caja de paso pueda albergar cableado adicional y además proporciona espacio para que el personal de las empresas de distribución o mantenimiento realicen sus actividades.

Las normativas determinan que según el lugar de ubicación las cajas, las tapas deben ser construidas de hormigón armado, en las aceras con ángulo de 2"x ¼" reforzado con varilla de hierro negro de ½" espaciadas cada 15cm vertical y horizontalmente, las tapas ubicadas en la calle deberán construirse con ángulo de 5"x ¼" el mismo que debe ser reforzado con varillas de hierro negro de ½" estas deberán estar espaciadas a una distancia de 15cm. Dichas tapas estarán provistas de dos agarraderas que permitan su remoción. En la Figura 15 se muestran las dimensiones de las cajas y tapas. Como alternativa la normativa vigente establece que se podrán construir cajas de paso y tapas protección que posean una resistencia igual o superior a las que se describen previamente.

#### **5.4.Zanjas**

Las excavaciones que se realicen para la canalización deberán tender una profundidad mínima de 50cm para las zanjas ubicadas en los cruce de calles y de al menos 30cm para las zanjas ubicadas en las aceras, con una amplitud de 15cm.de cada lado. El relleno en la parte inferior deberá realizarse con un material de tipo pétreo, el mismo que debe ser compactado y nivelado en capas de 10 cm de ancho.

#### **5.5.Ductos.**

Las canalizaciones en aceras y cruces de calles estarán conformados por mínimo 2 tubos tipo ductos de 110mm. (4") de diámetro, los ductos deben ser de material PVC rígido para uso eléctrico, estos debes cumplir con las Normas INEN

1869 y 2227, para el uso de red de media tensión, aplica la norma INEN 1869, que embarca de tubos de cloruro de polivinilo rígido PVC de pared estructurada e interior lisa, para canalización eléctricas, estas cumplen además métodos de ensayo basados en las normas INEN 2059 de resistencia al aplastamiento.

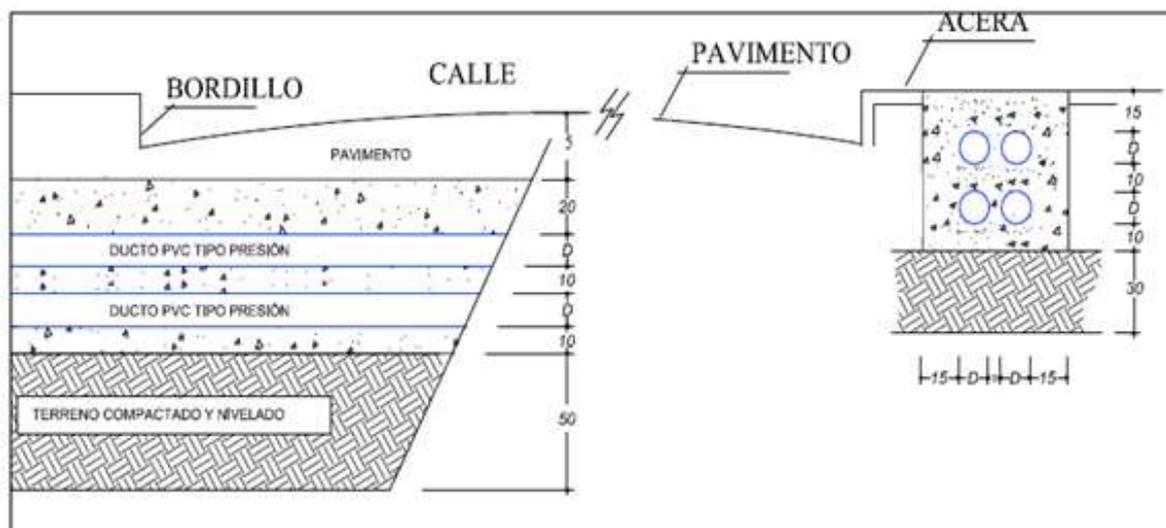
Pueden existir condiciones adicionales donde sea necesario instalarse más de 2 tubos tipo ducto por razones técnicas, en este caso pueden existir mayor cantidad de tubos, no se limitan la cantidad de ductos pero se recomienda la instalación de tubos a una distancia de 5 cm horizontales y 10 cm verticales.

## **5.6. Recubrimientos**

Para el recubrimiento de los ductos por seguridad y por tratarse de alimentadores de media tensión (13.8 kV) se instalarán con recubrimiento de hormigón de acuerdo a la figura 15.

La cara superior de los primeros tubos, no deberá ser menor a 25cm en calle y 15cm en acera. La normativa analizada NATSIM indica que espesor de las capas de hormigón no deben ser inferior a 10 cm medidos desde la cara inferior del tubo que se encuentre más profundo hasta la superficie del terreno compactado, cuando el terreno donde se implante la red sea demasiado fangoso, se deberá colocar en la parte superior de los ductos una malla metálica que sirva de armadura esta deberá ser construida con varillas de hierro corrugado de 3/8", su resistencia a la tracción debe ser de al menos 1,200 kg/cm<sup>2</sup>, y deberán estar espaciadas 15 cm en ambos sentidos. El

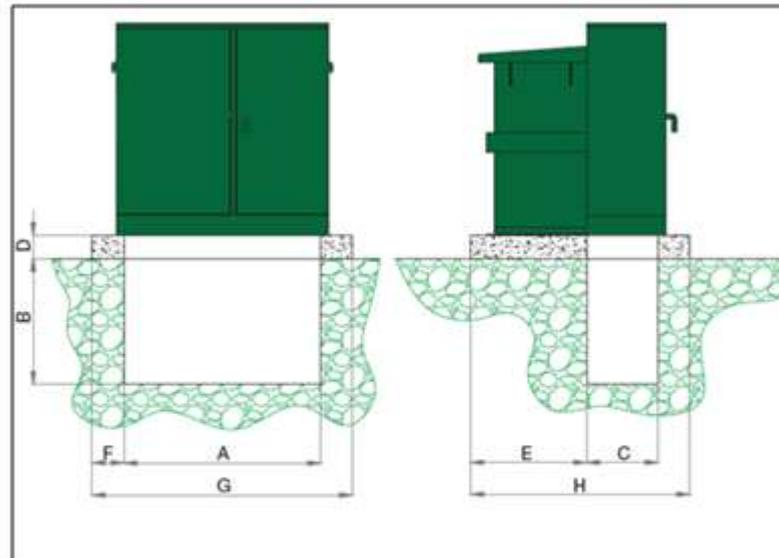
hormigón que se use deberá tener una resistencia a la compresión simple de  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días en las aceras y de  $f'c=240$  kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días en las calles.



**Figura 15** Disposición de ductos en aceras y cruces de calle.  
Fuente: Normas NATSIM 2012

### 5.7. Bases para Transformadores tipo Pad Mounted

Los transformadores tipo Padmounted deberán ser montados sobre una base de hormigón de 15 cm respecto al nivel del piso terminado, en su interior los compartimientos deberán contener el primario y secundario, se debe construir una caja de paso de hormigón, esta debe ajustarse a las dimensiones equipo y sus dimensiones debe de ser mínimo de 80cm. de profundidad. Este compartimiento servirá para que se acoplen las tuberías tanto del primario como del secundario. Las tuberías deben ser metálicas y rígidas para uso eléctrico, basadas en esta normativa las empresas fabricantes, hacen sus recomendaciones de cimientos para sus equipos. Figura 16. Tabla 7. Dimensiones para bases de transformadores, en la cual se indican las dimensiones de las bases en función del tipo de Pad Mounted.



**Figura 16 Dimensionamiento de Bases para Pad Mounted**  
**Fuente: INATRA**

Tabla 7 Dimensiones de bases para Pad Mounted.

Dimensiones en mm	A	B	C	D	E	F	G	H
Radial de 30 KVA Hasta 150 KVA Clase 15Kv - 25 Kv	1240	800	450	150	700	200	1640	1350
Radial de 200 KVA Hasta 500 KVA Clase 15 Kv - 25 Kv	1240	800	450	150	750	200	1640	1400
Malla de 30 KVA Hasta 150 KVA Clase 15 Kv - 25 Kv	1240	800	450	150	700	200	1640	1350
Malla de 200 KVA Hasta 500 KVA Clase 15 Kv - 25 Kv	1240	800	450	150	800	200	1640	1500

*Fuente: INATRA*

## CAPÍTULO 6. PROTECCIÓN Y OPERACIÓN

En sistemas de distribución de media tensión subterránea es ideal tener un buen sistema de control y operación, que le brinde al usuario continuidad en el sistema y que permita al personal de mantenimiento realizar sus labores sin riesgo alguno.

## 6.1 Estudio de cortocircuito.

Un corto circuito es un tipo de falla que se produce en la red eléctrica, provocada por factores naturales, errores humanos o simplemente casos fortuitos, los cortocircuitos por lo general son fenómenos que duran milésimas de segundos, pero estos pueden producir el corte parcial o total de la red, es por eso que debe realizarse un buen estudio de cortocircuito para dimensionar de las protecciones en centros de transformación y líneas.

Los corto circuitos se clasifican en fallas asimétricas y simétricas, las fallas asimétricas se dividen en fallas unipolares o de línea a tierra, bipolar sin contacto o línea a línea y bipolar con contacto a tierra o línea – línea a tierra, las fallas simétricas se dividen en tripolares o trifásicas y fallas doble contacto a tierra, estas se indican con mayor detalle en la tabla 8. Tipo de cortocircuitos.

Tabla 8 *Tipos de Cortocircuitos*

Tipo de falla	Clasificación	Porcentaje de ocurrencia	Causas más comunes
Unipolar a tierra o línea a tierra	Asimétrica	85,00%	- Contaminación. - Descargas atmosféricas. - Vientos y lluvias.
Bipolar sin contacto a tierra o línea a línea	Asimétrica	8,00%	- Ramas y animales.
Bipolar con contacto a tierra o línea-línea-tierra	Asimétrica	5,00%	- Ramas. - Errores humanos durante mantenimiento.
Tripolar o trifásica	Simétrica	2,00%	- Errores humanos durante mantenimiento. - Caída de torres o de postes del tendido eléctrico. - Accidentes de tránsito.
Doble contacto a tierra	Asimétrica	>> 1,00%	- Una falla unipolar a tierra.

Fuente: Manual para coordinación de fusibles en la red de media tensión (Mora, 2012)

## 6.2 Puesta a tierra

La norma NATSIM, establece que deben conectarse a tierra los neutros de todos los transformadores o los bancos de transformadores existentes cuando las conexiones del diseño así lo requieran. En la normativa además indican los equipos que deben tener una conexión a tierra los mismos que se mencionan a continuación:

- Los circuitos monofásicos de dos conductores para servicio a 120 voltios.
- Los circuitos monofásicos de tres conductores para servicios de fase a neutro y de fase a fase de 120/240 voltios.
- Los circuitos trifásicos de cuatro conductores que conformen una conexión tipo estrella para servicios a 120/208 voltios.
- Los circuitos trifásicos de cuatro conductores que conformen una conexión tipo delta para servicios a 120/240 voltios.

Además de estos equipos deben conectarse a tierra los pararrayos, tanques, transformadores Padmounted, así mismo como las tuberías metálicas que formen parte de la red de distribución.

Los electrodos de puesta a tierra deben ser varillas de cobre o Copperweld con las siguientes dimensiones mínimas, de 5/8" de diámetro y con una longitud de 6 pies. (EP., 2012).

El conductor que conecte la estructura a proteger con la varilla de cobre o Copperweld, debe ser un conductor de cobre desnudo o aislado, la sección del conductor se encuentra normalizada en función del calibre del conductor de la acometida como se indica en la tabla 9 calibre de conductor de puesta a tierra.

**Tabla 9 Calibre de conductor de puesta a tierra**

<b>Conductor de puesta a tierra</b>	
<b>Número Conductor</b>	<b>Acometida</b>
8 AWG	2 AWG
6 AWG	1 AWG - 1/0 AWG
4 AWG	2/0 AWG - 3/0 AWG
2 AWG	4/0 AWG - 350 MCM
1/0 AWG	400 MCM - 60 MCM
2/0 AWG	650 MCM - 1,100 MCM

*Fuente: NATSIM 2012*

### **6.3 Fusibles de media tensión**

Los fusibles son elementos de protección cuya función es brindar seguridad a circuitos eléctricos y electrónicos, en caso de existir sobrecargas de corriente.

La normativa NATSIM indica que todos los transformadores PadMounted deben disponer de una protección que debe instalarse en el interior más específico en el lado del primario con un fusible del tipo bay-o-net, en el lado secundario del transformador no se requiere instalar un breaker de protección debido a que se debe instalar un disyuntor principal en el tablero de medidores o en un módulo metálico que se encuentre ubicado lo más cercano posible, este depende del diseño eléctrico.

Aparte de las de los fusibles bay-o.net, también se usan fusibles tipo botella que son usados principalmente en redes privadas, como ciudadelas y en fábricas dependiendo las necesidades también se pueden utilizar fusibles con protección de gas SF6. NATSIM.

### 6.3.1 Fusibles bay-o-net

El fusible tipo bay-o-net es un fusible de expulsión de alta tensión con una capacidad de interrupción de 3800 A a 8.3 kV; de diseño rompe-carga y disponible hasta 19.9 kV; el cual es extraíble por medio de una pértiga manual. Ver figura 17. Fusibles bay o net.



**Figura 17** Fusibles tipo bay-o-net

**Fuente:** ABB

### **6.3.2 Fusibles tipo K**

Los fusibles tipo K son usados normalmente en líneas aéreas con voltajes que van desde los 1 kV hasta los 35 kV, su diseño se basa en la norma ANSI C 37 – 41, y su diseño y funcionamiento estarán basados en la corriente nominal del circuito.

### **6.3.3 Fusibles limitadores de corriente**

Los fusible limitadores de corriente son dispositivos cuya característica principal es que son de tipo rompe-carga, usados normalmente en sistemas de distribución donde la corriente de falla disponible excede el valor de interrupción del fusible.

## **6.4 Seccionadores**

Un seccionador es un equipo eléctrico que funciona de forma mecánica aislando un tramo de red eléctrica de su fuente de energía, estos equipos están diseñados para ser usados sin carga y dependen de un operador que realicen la operación de aislar el segmento de red.

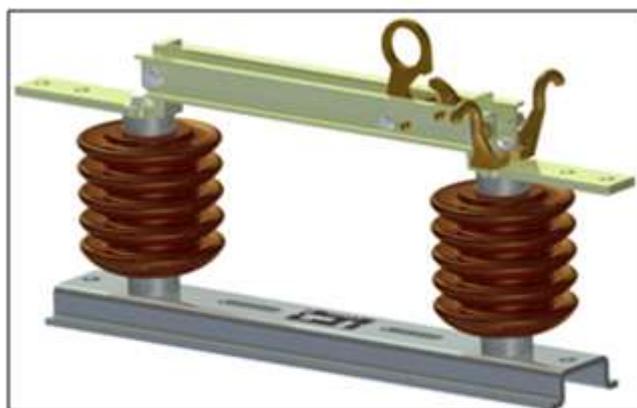
Según su número de polos este puede clasificarse en tripolares o monopolares, esto depende del nivel del voltaje y en algunos casos pueden tener un polo más correspondiente al neutro.

Existen situaciones en los cuales se requiera un transformador particular del tipo PadMounted, en estos casos la norma NATSIM, indican que los transformadores funcionen ya sean en un sistema eléctrico subterráneo tipo malla o anillo, este deberá

contar con dispositivos de seccionamiento en la entrada y salida del primario. (EP., 2012).

#### 6.4.1 Seccionadores Monopolares

Los seccionadores monopulares son equipos que constan principalmente de 2 aisladores de porcelana, y cuchillas de cobre, ambos montados sobre una base de acero. Ver figura 18. Seccionadores monopoles. La mayor parte de los seccionadores monopoles son de montaje vertical, invertido o semi-invertido dependiendo su función en el circuito. Su principal uso es en líneas aéreas de media tensión como elemento de seccionamiento y protección.

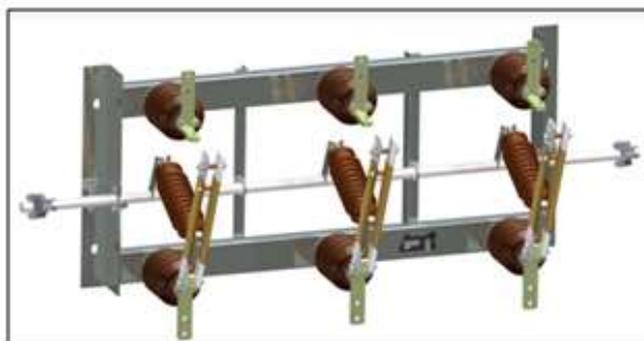


**Figura 18 Seccionadores Monopolares.**  
*Fuente: Equiveldandina. (Equivel Andina)*

#### 6.4.2 Seccionadores tripolares

Los seccionadores tripolares son elementos eléctricos que tienen un mecanismo de operación manual o automática, compuestos principalmente de un bloque de

aisladores tripolar más un neutro, y un juego de cuchillas que hacen contacto con el bloque de aisladores, cuyos contactos son de cobre cromado. Ver figura 19. Seccionadores tripolares.



**Figura 19 Seccionadores Tripolares**  
*Fuente: Equiweldandina. (Equiwel Andina)*

#### 6.4.3 Seccionadores Pad Mounted.

Los seccionadores PadMounted son protecciones que se solicitan en la construcción y diseño de los PadMounted, estos funcionan en aceite y en dos, tres o cuatro posiciones de maniobra según el requerimiento del diseñador de la red. Ver figura 20. Seccionador de equipo PadMounted.



**Figura 20 Seccionador Pad Mounted.**

*Fuente: ABB*

## 6.5 Operación de Seccionadores

Como se menciona anteriormente los seccionadores son equipo que están diseñados para operar en vacío (sin carga) para la operación y el correcto uso de los seccionadores el operador debe seguir un procedimiento para aislar el segmento de la red, para garantizar la protección del personal.

- Desconexión de la fuente principal de energía (centro de transformación)
- Desconexión del seccionador
- Conexión de puesta a tierra del seccionador
- Bloqueado y etiquetado del gabinete

## 6.6 Pararrayos.

Lo pararrayos, son elementos de protección en la redes de distribución eléctrica, estos funcionan captando la descargas eléctricas atmosféricas y mediante la línea a tierra aterriza la descarga eléctrica para que no produzca daños a la red.

Para las redes de media tensión subterráneas se utilizan pararrayos tipo codo, estos también están mencionados en la unidad de propiedad intelectual, del ministerio de electricidad y energía renovable, estos dispositivos se encuentran diseñados de tal manera que protejan a los equipos y líneas contra sobrevoltajes como se muestra en la figura 21, debido al diseño de nuestra red los pararrayos que se usen deben soportar un voltaje cercano al de la red de distribución, para el diseño se usaran pararrayos de 15 kV, para las redes aéreas válvulas de 15 kV, y para redes subterráneas pararrayos tipo codo de 15 kV.

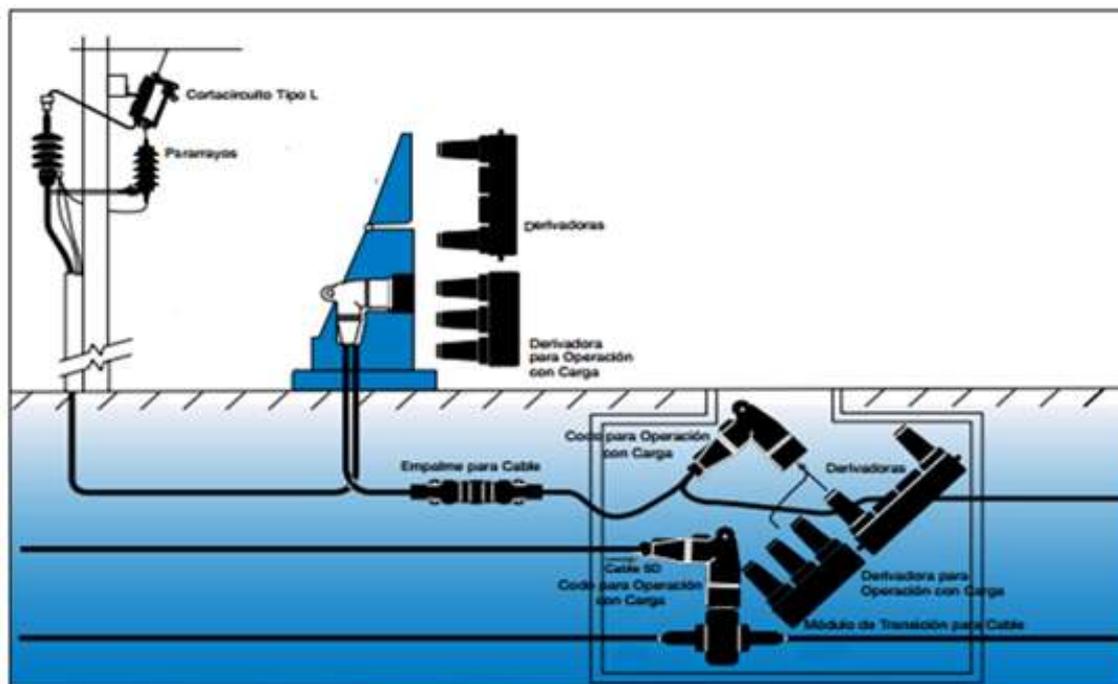


Figura 21 Pararrayos de media tensión tipo codo

Fuente: (Cellpack Electrical Products, 2012)

## **CAPÍTULO 7. ACOMETIDAS EN M/T**

Una acometida eléctrica es un conjunto de elementos, que conecta la red de distribución, a la instalación del consumidor.

Una acometida en media tensión es aquella que se conecta a una red de distribución con niveles de voltaje comprendidos entre los 600 voltios y 15 kV los elementos que conforman una acometida son los conductores de eléctricos y sus accesorios de protección y operación, que van desde la red eléctrica hasta los bornes del transformador y si el caso lo requiere el equipo de medición en media tensión.

### **7.1. Requisitos para ser abonado e Media Tensión**

El requisito básico para que un abonado sea abastecido en media tensión es que su demanda sea mayor a 30 kilovatios y menor a 1,000 kilovatios.

Como se analizó en el capítulo 2, subtema 2.8.3. Media tensión, existen dos tipos de servicio eléctrico en media tensión, los mismo que se indican en la tabla 3. Niveles de voltaje de media tensión.

#### **7.1.1. Sistema monofásico a $13,800/\sqrt{3}$ voltios**

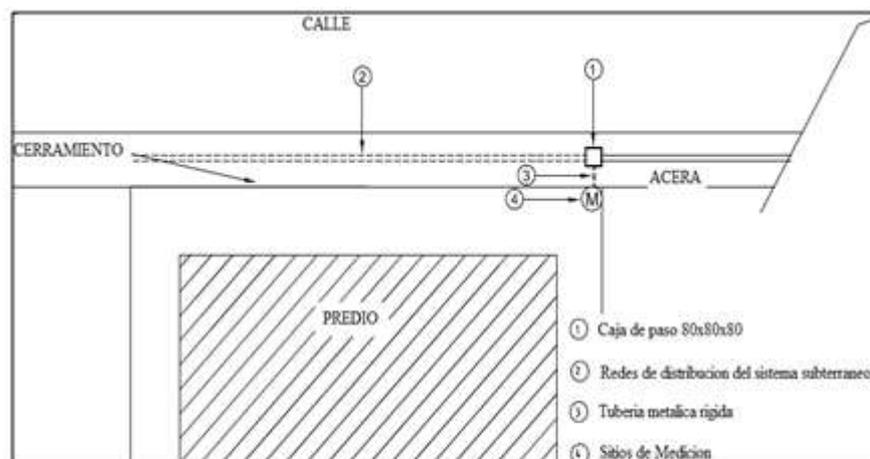
El servicio eléctrico a nivel de voltaje de  $13.800/\sqrt{3}$  se suministra, cuando la del abonado supere los 30 kW y sean inferiores a 90 kW y la capacidad total instalada en el predio no supere los 100 kVA monofásico.

### 7.1.2. Sistema trifásico a 13,800 voltios

Los 13.800 voltios son suministrados por el distribuidor, cuando la demanda del abonado supere los 30 kW y no exceda los 1,000 kW.

### 7.2 Condiciones e infraestructura necesaria para acometidas en media tensión subterráneas

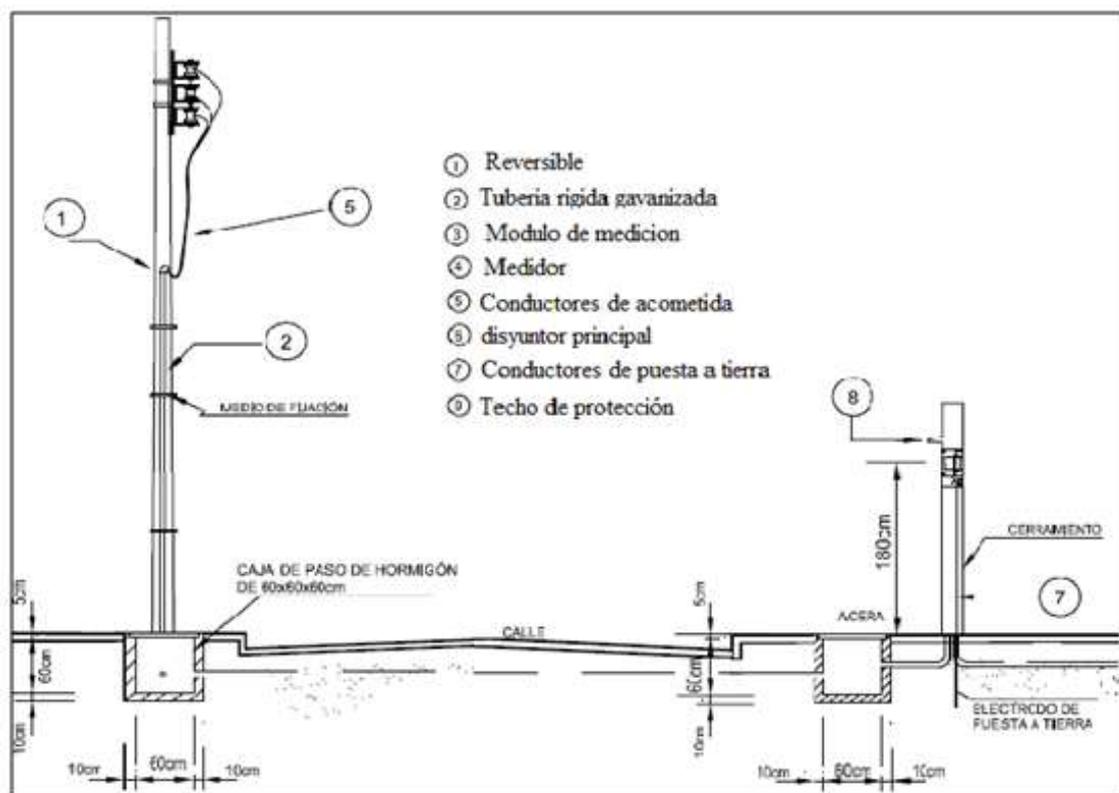
Cuando las acometidas de media tensión provengan de una red de distribución subterránea, deberá partir de una caja de revisión, que intercepte la canalización subterránea, la caja de debe ser construida de tal manera que la entrada de la acometida se ubique en un tramo recto a 90°, hasta el sitio de medición en la figura 22 se muestra como la ubicación de la caja de revisión que intersecta la red de distribución y como esta conduce la acometida hasta las instalaciones del consumidor.



**Figura 22** Acometidas aéreas a subterráneas.

*Fuente: NATSIM 2012*

Cuando las acometidas de media tensión provienen de un sistema de distribución aéreo, deberá construirse una caja de revisión al pie del poste desde el cual comienza la acometida y cajas de paso necesarias hasta llegar al sitio de medición e ingreso al predio la acometida debe llegar en un tramo recto a 90° con respecto a la red área, en la figura 23, se muestra los elementos que conforman la bajante de la red aérea y los elementos de protección que se requieren para realizar una acometida con estas especificaciones.



**Figura 23** Acometida desde red de distribución Aérea.

*Fuente: NATSIM 2012*

### **7.2.1. Características de base de medidor.**

En la normativa NATSIM, se indica las características que debe cumplir el módulo de medición este deberá contar con una base de medidor (socket) monofásica o trifásica clase 20 y una bornera (switch) para las mediciones de energía en forma indirecta.

El módulo del medidor debe ser construido en Policarbonato o en plancha metálica de 1.5mm (1/16") de espesor y este debe estar protegido con pintura anticorrosiva y pintada al horno. Cuando el módulo de medición se encuentre a la intemperie, expuesto a las aguas lluvias, se debe adecuar una cubierta tipo techo para la protección del mismo.

Las dimensiones del módulo de medición debe ser de 70x40x25cm de alto, ancho y profundidad respectivamente y debe construirse de un solo cuerpo con una tapa con 4 tornillos, que llevará dos elementos (orejas) para la colocación de sellos de seguridad que instalara la empresa eléctrica. El módulo de medición debe disponer de un orificio de 1 ¼" de diámetro que se conectará mediante tuerca y contratuerca metálica con la tubería metálica rígida de 1 ¼" de diámetro que transportan los conductores de señal al medidor. (NATSIM)

La base socket y la bornera switch se fijarán en un fondo falso del módulo, en donde también se instalará un terminal tipo talón para conexión del neutro del equipo de medición a tierra. (NATSIM)

### **7.3.Punto de interconexión**

El punto de interconexión es el punto desde el cual el abonado se conecta a la red de distribución eléctrica, para bastecerse del servicio ya sea este en media o en baja tensión,

Para la solicitud de este servicio, el abonado, debe presentar una solicitud, anexado con el diseño y el estudio técnico que justifique el nivel de voltaje de dicha solicitud. Basado en el estudio técnico la empresa de distribución realiza el análisis de la red de distribución del área, con el fin de verificar la viabilidad de la solicitud en la red existente, de no ser posible la empresa de distribución establecerá una solución alternativa que pueda satisfacer las necesidades del cliente.

### **7.4.Medición**

La medición es fundamental en los sistemas de distribución, debido a que este registra el consumo eléctrico del abonado, además de otros parámetros tales como potencia reactiva, factor de potencia y otros que sean requeridos por el distribuidor, para esto se usan equipos de medición.

#### **7.4.1. Medición Directa**

La medición directa se la realiza cuando la demanda del abonado no exceda los 300 KW. Para la medición directa se utiliza un equipo electro-mecánico o electrónico que almacena en valores el consumo de energía, demanda y otros parámetros eléctricos requeridos por el Distribuidor y el Consumidor. Para el funcionamiento de la medición

directa, se utiliza señales de corriente y voltaje directamente de la base de socket, y no este no requiere transformadores de medición.

#### **7.4.2. Medición Indirecta**

La medición indirecta se la realiza cuando la demanda supera los 300 kW, para realizar esta medición se usa un equipo electrónico que registra en valores el consumo de energía, demanda y otros parámetros eléctricos requeridos por el Distribuidor y el Consumidor. Para el funcionamiento de la medición indirecta se utiliza señales de control provenientes desde los transformadores de corriente (TC) que se almacenan en cajas de seguridad instaladas por la empresa eléctrica, estas poseerán sellos de seguridad para evitar que estos equipos sean manipulados por personal no autorizado.

#### **7.5.Acometida Trifásica**

Una acometida trifásica es aquella que comienza desde la red del Distribuidor con tres conductores correspondientes a cada línea y un conductor conectado al neutro o tierra del sistema, la acometida trifásica puede ser en media y en baja tensión dependiendo las necesidades de nivel de voltaje del consumidor.

## **CAPÍTULO 8. Metodología del diseño de red de M/T**

Esta tesis se basa en analizar los parámetros que se usan para el soterramiento de redes eléctricas de media tensión, basados en la Normativa NATSIM, de la Empresa Eléctrica Pública de Guayaquil., actualmente no existe una metodología normalizada para el diseño, en este capítulo, realizaremos la metodología desarrollando el análisis de las cargas y determinando factores que puedan afectar a nuestro diseño

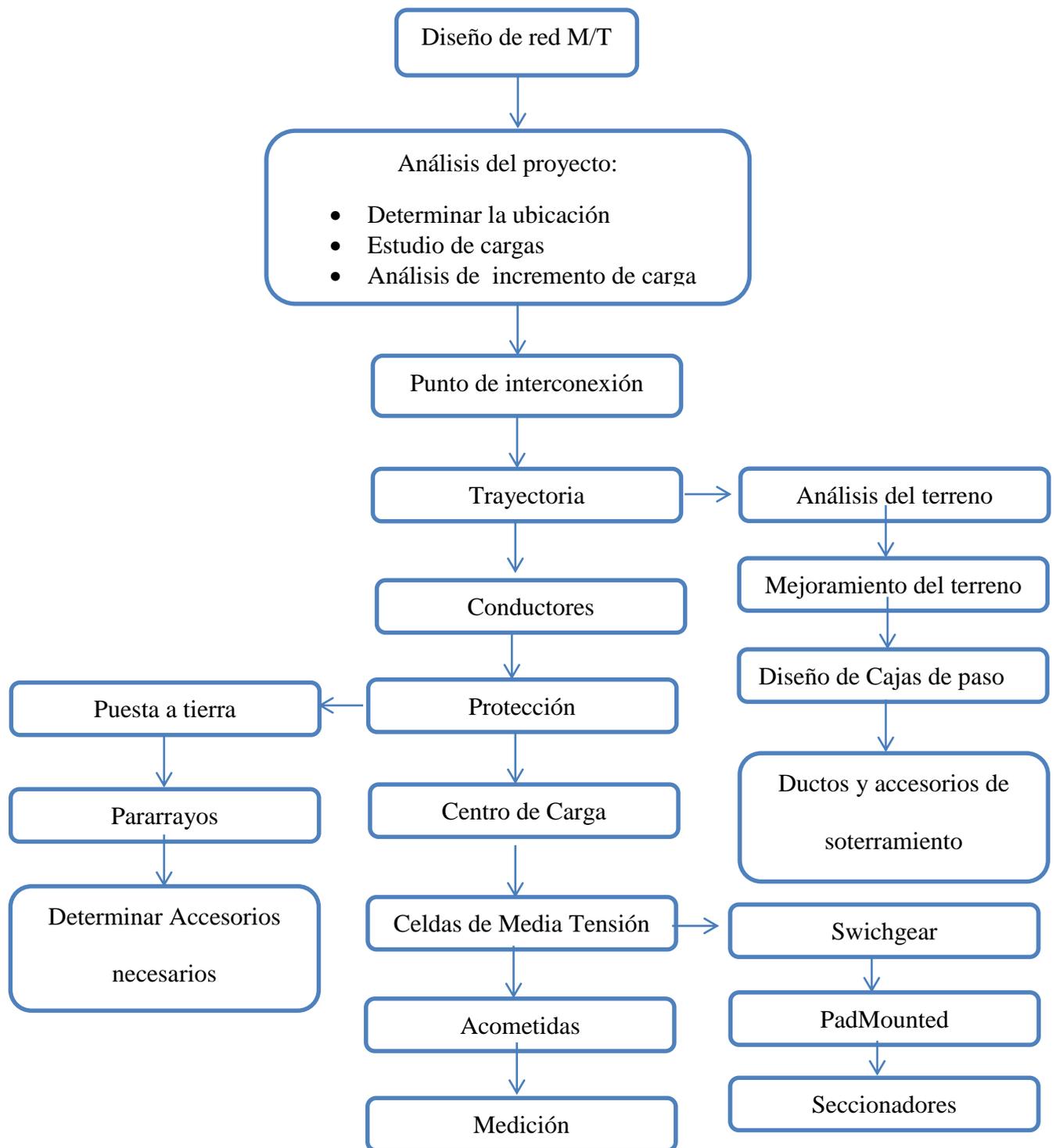
Se consultó normativas nacionales INEN 1753 “Redes de distribución de energía eléctrica requisitos”, manual EBASCO, así como publicaciones de revistas electrónicas, manuales y fichas técnicas de productos de redes de media tensión.

### **8.1 Diagrama de flujo de diseño de red de M/T**

Un diagrama de flujo es un diseño sistemático que nos permite llevar un orden a través de un flujo de datos que indica la recopilación de datos necesarios, las operaciones y análisis para desarrollar el proceso tanto de diseño de redes como para el soterramiento de las mismas, en esta tesis haciendo énfasis a las redes de media tensión.

Este diagrama de flujo se basa en los datos necesarios para el dimensionamiento de la red, basado en eso se establecerá el análisis de cada paso, para la selección idónea de cada material a usar, usando la normativa NATSIM, además de la normativa 1753 para redes de distribución eléctrica, con el fin de analizar varios criterios y dar confiabilidad al sistema eléctrico. Se muestra un diagrama de flujo con el cual se plantea el objetivo

de diseñar una red de distribución eléctrica que cumpla con cada una de las características de una red de distribución en M/T.



## **8.2 Características del área de estudio.**

Es primordial analizar el área de estudio, ya sea para el diseño de una red de una ciudadela, o una red de distribución que alimentara una zona industrial, dependiendo de las características del área o de la lotización determinamos la ubicación del centro de carga, subestación o transformadores.

## **8.3 Análisis de incremento de carga.**

Para el dimensionamiento de la red de M/T en la normativa INEN, hace un análisis de incremento de carga, su dimensionamiento de redes primarias es de 15 años, centros de transformación y circuitos secundarios de 10 años, con respecto al manual Ebasco el diseño del cableado e infraestructura sus con proyecciones para 30 años, la proyección de la demanda máxima unitaria DMU, es del orden del 2% anual, sin embargo esta puede variar dependiendo la zona de estudio y su proyección urbanística e industrial

## **8.4 Estudio de Cargas.**

Existen diversos métodos para el diseño de una red eléctrica, los analizados en esta metodología son los métodos del manual EBASCO y la normativa INEN 1753, que se indican en el literal 3.5.2, en el desarrollo de esta metodología se anexa tablas didácticas en Excel, para el cálculo de las cargas, Tabla 9 Manual EBASCO, se anexan normativa INEN 1753, que además es explicada en el literal 3.5.1, del capítulo 3.

En la imagen 24 Variables de Manual Ebasco, se indica, donde insertar las variables que debemos analizar, de una manera rápida y sencilla, con el fin de minimizar las variables y complejidad de los cálculos para el diseño de una red de media tensión, al basarnos en la potencia del circuito, con el dato obtenido se tendrá una demanda total en kVA, la misma que se usara la distribución de las cargas.

Manual EBASCO		
DATOS.		
Área de Terreno Unitario		Unidades
Area de Construccion del Terreno	100	m <sup>2</sup>

INSERTAR ÁREA DE CONSTRUCCIÓN DE ABONADO EN M2

**Figura 24 Variables de Manual Ebasco.**

**Elaborado: Rafael Terreros Rázuris.**

La tabla 10. Manual Ebasco, elaborada en Excel, se indica las variables por ingresar, los cálculos que esta tabla realiza se indican en el capítulo 3.5.2.

La variable factor de coincidencia, el diseñador de la red lo establece, dependiendo del tipo de usuarios y el área de estudio, recordando siempre que esto indica la coincidencia de que todos los usuarios usen la máxima potencia en un mismo tiempo.

Dependiendo del análisis de las cargas de la zona determinamos el factor de potencia de la zona, en el caso de que sea netamente residencial, el factor de potencia puede considerarse entre 0.96 – 1, si el área es industrial, al analizar el proyector deben analizarse las cargas de manera individual para calcular el FP.

Con la potencia total de transformador tenemos idea de la carga total del circuito, y podemos establecer el voltaje, esto se indica en el capítulo 7, los niveles de voltaje para las acometidas en media tensión y la capacidad de la carga.

**Tabla 10 Manual Ebasco.**

<b>Manual EBASCO</b>		
<b>DATOS.</b>		
Área de Terreno Unitario		<b>Unidades</b>
Área de Construcción del Terreno	70	<b>m<sup>2</sup></b>
Demanda por Abonado	7,237186398	<b>kW</b>
Número de Abonados	8	<b>Unidad</b>
Variable de Coincidencia	0,6	<b>Unidad 0-1</b>
Factor de Coincidencia	0,455	
Factor de Potencia	0,99	<b>Unidad 0-1</b>
Potencia	26,34335849	<b>kW</b>
Potencia de Transformador	42,57512483	<b>kVA</b>

*Elaborado por: Rafael Terreros Rázuris*

### **8.5 Punto de interconexión**

El punto de interconexión del diseño analizado, deberá ubicarse de tal manera que este se encuentre cerca a la red de media de distribución eléctrica existente y a la vez que se encuentre lo más cerca posible al principal centro de carga del diseño.

## **8.6 Topología del terreno**

La topología del terreno se la define cuando se realiza el estudio del área y análisis de las cargas, en este punto se define la trayectoria óptima de la red eléctrica, además de tomar muestras del tipo de suelo a diferentes profundidades, para determinar el tipo de perfil y su consistencia, en base a eso se realiza el mejoramiento del terreno.

Como se analizó en el capítulo 5 en el subtema 5.3 se analiza el diseño de las cajas de paso, donde se hace mención a cada una de las dimensiones por lo general de 80x80x80 cm y en cruces de calles de 160 x 80 x 100 cm, en él se hace la mención de la distancia de las cajas de paso, estas deben estar en una distancia de 30 m de separación, dejando cajas de paso y den revisión en la intersección de calles y puntos de donde se conecten acometidas.

Dependiendo del área de estudio en el diseño estructural de las cajas de paso se dejara adicional mínimo 2 tuberías de 4" PVC Rígido.

## **8.7 Centros de Carga**

Los centros de cargas son un conjunto de elementos que están conformados por el centro de transformación y las celdas de media tensión, que protegen al circuitos, este debe ubicarse cerca del punto de interconexión y lo más cercano posible a la carga más grande del sistema.

### **8.8 Pad Mounted – Seccionadores.**

El dimensionamiento de los transformadores se lo realiza en el punto 8.3, este debe diseñarse de tal manera que se deje una capacidad extra para el aumento de futuras cargas, tomando en cuenta un incremento del 1% anual para cargas.

La selección de Pad Mounted, previa su adquisición se la realiza con la solicitud de puesta a tierra y seccionadores, dependiendo del tipo de distribución ya sea radial o en malla, estos equipos pueden ser de 2, 3, 4 vías, esto debe analizarse en el aspecto económico del proyecto.

### **8.9 Acometidas de redes de media tensión**

Como se dijo anteriormente al diseñar la topología de la red, más específicamente cuando se trata de cajas de paso y cajas de revisión estas deben dejarse en las intersecciones de calles y puntos de conexión de acometidas.

Para esto se deja una caja de paso de dimensiones interiores de 80x80x80 cm, en el interior del predio del abonado se debe dejar mínimo una caja de paso adicional, dependiendo de la ubicación del centro de carga del abonado, esto puede variar dejándose más cajas de paso adicionales, todo depende de la infraestructura.

En base a la demanda calculada o la demanda que establece el abonado, se toman las consideraciones necesarias para el tipo de medición, como se ve en el capítulo 7, subtema 7.4, que esta medición puede ser directa o indirecta.

### **8.10 Accesorios.**

Dependiendo del punto de interconexión de la red de media tensión se analizará los accesorios, en el caso de que sea de una estación esta puede salir directamente de forma subterránea.

En el caso de que el punto de interconexión sea de una red aérea, la acometida bajará a través de una bajante con tubería rígida de 4" y con tres puntas terminales exteriores más una punta terminal adicional del neutro, cada uno de estos terminales deben estar conectados a sus respectivas cajas fusibles de protección, las cajas de paso en este caso debe ubicarse al pie del último poste y hasta el centro de transformación o centro de carga.

## CAPÍTULO 9. CONCLUSIONES

Sin duda alguna con el avanzar de la sociedad y la tecnología, las grandes ciudades buscan mejorar su ornato, siendo este un nivel de estatus y de progreso, las redes eléctricas subterráneas, mejoran significativamente el ornato y reduce el impacto visual que se observa en redes y tendidos eléctricos de una ciudad además de mejorar el servicio eléctrico brindando seguridad y continuidad, así como minimizando pérdidas en la red.

Se procede a definir una metodología para el diseño, analizando cada uno de los componentes que conforman la red, poniendo énfasis en las variables como las cargas del área y los proyectos urbanísticos que puedan afectar al diseño de la red.

Para realizar la metodología se analizó los elementos que conforman la red de distribución eléctrica desde los centros generación hasta el abonado, para llevar un orden y secuencia de cada uno de los elementos que conforman la red, basados en la normativa NATSIM, de la Empresa Eléctrica Pública de Guayaquil., se procedió a realizar la metodología y se complementa con normativa INEN 1753. “Urbanización de redes de distribución de energía eléctrica requisitos”, y el manual eléctrico EBASCO, donde se calcula la demanda máxima unitaria DMU, basados en los metros cuadrados del terreno además de normativas del Centro Ecuatoriano de Construcción y las Unidades de Propiedades Intelectual del CONELEC.

Esta metodología está realizada de tal manera que una persona pueda seguir un orden progresivo sin que haga caso omiso a algún punto principal del diseño de la red, la metodología que se realizó garantiza que se pueda diseñar un sistema eléctrico, confiable, continuo, seguro, flexible y con un aspecto estético que beneficie el ornato

del área de estudio y cumpla con las normativa NATSIM, que exige la Empresa Eléctrica Pública de Guayaquil.

## **CAPÍTULO 10. RECOMENDACIONES**

En el diseño de una red, el proyectista debe tomar en cuenta muchas variables que puedan presentarse en el proyecto y debe analizarlos de tal manera que el diseño que se realice, cumpla con las características de confiabilidad, continuidad, flexibilidad, seguridad, aspecto económico y estética, que rigen un sistema eléctrico.

Para el diseño de una red eléctrica en media tensión subterránea, es aconsejable que se realice un estudio específico, acerca de los transientes eléctricos y las medidas de seguridad y protección que deben tener los abonados que requieran un transformador individual para su predio.

## **BIBLIOGRAFÍA**

ABB. (2007). *Instrucciones para Transformadores de*.

Cellpack Electrical Products. (2012). *Catalogo de Media Tension 2012*.

CENACE. (s.f.). *CENACE*. Recuperado el 08 de 01 de 2015, de CENTRO NACIONAL DE CONTROL DE ENERGIA: <http://www.cenace.org.ec/>

CNEL. (s.f.). *CNEL*. Recuperado el 08 de 01 de 2015, de CORPORACION NACIONAL DE ELECTRICIDAD: <http://www.cnel.gob.ec/>

Colegio Oficial de graduados e ingenieros tecnicos industriales de Albacete. (02 de 2003). *DITEC - NOMAM Fichas técnicas Líneas aereas de media tension 12/20kV*. IBERDROLA.

Conductores Latincasa. (s.f.). *Suministro en Ingenieria*. Recuperado el 05 de 01 de 2015, de <http://www.singecr.com/>

CONELEC. (s.f.). *CONELEC*. Recuperado el 08 de 02 de 2015, de CONSEJO NACIONAL DE ELECTRICIDAD: <http://www.conelec.gob.ec/>

Electrica de Guayaquil. (s.f.). *Electrica de Guayaquil*. Recuperado el 11 de 01 de 15, de <http://www.electricaguayaquil.gob.ec/>

NATSIM., E. E EP. (2012). *NORMAS DE ACOMETIDAS CUARTOS DE TRANSFORMADORES Y SISTEMAS DE MEDICIÓN PARA EL SUMINISTRO DE ELECTRICIDAD*.

Equiwel Andina. (s.f.). *Equiwel Andina C.A*. Recuperado el 04 de 01 de 2015, de <http://www.equiweldandina.com.ve>

IMELEC - Energia en su punto. (s.f.). *IEMELEC*. Recuperado el 19 de 01 de 2015, de

IMELEC - ENERGIA EN SU PUNTO: <http://www.imelec.net>

INEC. (s.f.). *Proyccion de la poblacion Ecuatoriana*.

Ingenieria Triple E. (s.f.). *Ingenieria Triple E*. Recuperado el 18 de 01 de 2015, de

<http://ing-triplee.com/>

Maps, G. (s.f.). *Google Maps*. Recuperado el 08 de 01 de 2015, de

<https://www.google.com.e>

Marcos Tosatado - Curso Energía. Centros de transformación. (2009). *MailxMail*.

Recuperado el 20 de 01 de 2015, de <http://www.mailxmail.com>

Mora, G. A. (2012). Manual para coordinación de fusibles en la red de media tensión

. En G. A. Mora. Costa Rica.

Romagnole. (s.f.). *Romagnole*. Recuperado el 13 de 01 de 2015, de

<http://www.romagnole.com.br>

S&C ELECTRIC COMPANY. (s.f.). Recuperado el 25 de 1 de 2015, de

<http://es.sandc.com/>

Schneider Electric. (2011). *Equipos Didacticos de Media Tension*. Barcelona España.

Tecnologia de Plasticos. (17 de 02 de 2014). *tecnologiadelosplasticos*. Recuperado el

04 de 01 de 2015, de <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com>

Whitehouse, A. P. (30 de 05 de 2012). *Constructor Electrico*. Recuperado el 10 de 01

de 2015, de <http://constructorelectrico.com>



## **GLOSARIO**

### ➤ Voltaje

El voltaje es la diferencia de potencial entre 2 puntos de un mismo circuito, su sistema de medida es el Volt.

### ➤ Corriente.

La corriente eléctrica también conocido como intensidad es la cantidad de electrones que fluyen a través de un circuito eléctrico su unidad de medida es el Amperio

### ➤ Potencia

La potencia eléctrica se la define como la cantidad de electrones que fluyen a través de un circuito eléctrico en un determinado tiempo, su unidad de medida es el Wattio.

### ➤ Factor de Potencia

El factor de potencia es un indicador que nos sirve para evaluar el aprovechamiento de la energía eléctrica y esta se la define como la relación entre la potencia activa (KW) y la potencia aparente (KV), estos valores son evaluados y registrados a través de los medidores eléctricos, el bajo factor de potencia es penalizado por las empresas de Distribucion.

➤ Demanda Máxima Unitaria

La demanda máxima unitaria, es un valor calculado, en base a la carga eléctrica por tipos de clientes según su nivel social y equipos que conectados a la red

➤ Distribuidor Eléctrico

Es la empresa Distribuidora encargada de suministrar el servicio de electricidad dentro de su área de concesión, a los Consumidores.

➤ Servicio Eléctrico

El servicio de energía eléctrica es aquel que es suministrado el Distribuidor a los Consumidores, desde sus redes de distribución y subtransmisión, hasta el medidor del abonado.

➤ Sistema Eléctrico

Un sistema eléctrico es un conjunto de instalaciones que mediante su interconexión abastecen el servicio eléctrico desde la generación hasta el abonado.

➤ NATSIM

Normas de acometidas, cuartos de transformación y sistema de mediación del suministro de electricidad, que es el reglamento de la Empresa Eléctrica Pública de Guayaquil.

➤ INEN

Instituto Ecuatoriano de Normalización.

➤ NEC

Normativa Ecuatoriana de la Construcción.