

## **PARTE IV**

### **REDES SUBTERRÁNEAS**

#### **4.1 ALCANCE Y OBJETIVOS.**

La presente guía de diseño tiene el objetivo, de brindar la información básica y recomendaciones de orden práctico, para orientar y ordenar la ejecución del diseño y construcción de redes de distribución subterráneas y cámaras de transformación, a ser realizadas por el personal de la ELEPCO S. A., o por contratistas independientes.

#### **4.2 CAMPO DE APLICACIÓN.**

El presente volumen, será de atención ineludible para la construcción de redes subterráneas de distribución en medio y bajo voltaje, en aéreas urbanas en el centro de las ciudades donde la empresa y el municipio lo consideren necesario, la aplicación de estas guías influirá en el planificación, diseño, construcción de redes subterráneas y cámaras de transformación, y especificaciones técnicas de los elementos que conforman las redes subterráneas.

#### **4.3 DERIVACIONES Y CALIBRES.**

Como ramal principal se entiende aquella parte del alimentador subterráneo de calibre 120 mm que sale de las subestaciones y que interconecta a las cámaras que se encuentran dentro de la ciudad de Latacunga.

Las líneas de medio voltaje estarán conformadas por los alimentadores radiales con un voltaje nominal de 13.8 kV que se derivan de las subestaciones que están dispuestas para la alimentación de la red subterránea.

Este tipo de redes son trifásicas, con neutro corrido y sus ramales principales estarán interconectados por las barras de los centros de transformación en las cuales se efectuarán las derivaciones necesarias hacia otros centros de transformación o transformadores particulares.

El edificador tiene la obligación de construir la acometida en medio voltaje si el proyecto se encuentra dentro de la manzana considerada la red subterránea, en virtud de la factibilidad de servicio, si existe una cámara o un poste de línea aérea fuera de la manzana en la que se construirá el proyecto la responsabilidad del edificador se limita a los 160 metros de acometida, para el resto se planteara a la Empresa para financiarla conjuntamente.

Para los tramos del circuito que alimentaran transformadores particulares se los realiza con un conductor de cobre aislado para 15kV de calibre no menor a 1/0 AWG y la capacidad del transformador no supere los 500 kV, para capacidades superiores el calibre aumenta según sus características.

A continuación en el anexo D1, cuadros D7 y D8, se muestran los datos de kVA-m y kVA-km, respectivamente.

En un proyecto de cámara sea trifásico o monofásico la acometida de medio voltaje (13.8 kV) obligatoriamente será trifásica.

La salida de un alimentador a las barras de un centro de transformación se lo realiza con el empleo de los elementos de desconexión (seccionadores), requiriendo:

Para la cámara trifásica se requiere lo siguiente: 6 seccionadores, 3 para el punto de entrega y 3 para el transformador, y para la cámara monofásica 4 seccionadores, 3 para el punto de entrega y 1 para el transformador.

En los dos casos, los 3 seccionadores del punto de entrega se instalarán en la cámara de transformación, así se aprovecha las instalaciones anteriores y en cada cámara se debe tener una canalización de salida para futuras interconexiones y es construida con tubería PVC de 160 mm de diámetro.

#### **4.4 DERECHOS DE UTILIZACIÓN DE LAS INSTALACIONES.**

La empresa tiene derecho a la utilización de todas las instalaciones dentro y fuera de la cámara excepto el transformador que se instale, se podrá autorizar que se tome como punto de entrega de servicio de cualquier cámara sin que requiera la autorización también del propietario del edificio, la declaración del propietario se incluirá en el Acta de Puesta en Funcionamiento de las instalaciones, también se incluye una leyenda en la que exprese el consentimiento del propietario a utilizar las instalaciones en el momento que la empresa requiera instalar equipos para otros suministros por último se entrega una copia de la llave de ingreso a la cámara al propietario del edificio.

#### **4.5 CÁMARAS DE TRANSFORMACIÓN.**

La cámara de transformación se lo construye en el subsuelo del edificio en un sitio colindante con la acera por la que va la alimentación primaria de no ser posible se justificará su ubicación, en ningún caso se justifica la ubicación en niveles superiores, el espacio debe ser seleccionado en la etapa de diseño considerando la capacidad del transformador a ser instalado, en el interior de la cámara estará los equipos que contemplara una unidad trifásica o un banco de tres transformadores monofásicos y si las condiciones técnicas lo amerita se instalará una unidad monofásica cuya capacidad no exceda los 50 kVA.

#### **4.5.1 PROTECCIONES CONTRA FALLAS ELÉCTRICAS.**

Para la protección de los equipos se debe determinar los valores de cortocircuito en el punto que se instalarán los equipos a protegerse, seleccionar el equipo de protección tomando en cuenta los valores nominales máximos y coordinar las protecciones.

##### **4.5.1.1 PROTECCIÓN EN BAJO VOLTAJE.**

En la protección principal de las barras y de los circuitos derivados se utilizarán interruptores termomagnéticos automáticos de la capacidad y número de polos adecuados, para funcionar a 240 V y 60 Hz, con elementos de sujeción a estructuras metálicas.

##### **4.5.1.2 PROTECCIÓN EN MEDIO VOLTAJE.**

En el punto de entrega se protegerá, en función de la capacidad.

#### **CUADRO D1. ELEMENTO PARA PROTECCIÓN Y SECCIONAMIENTO.**

<b>DEMANDA MAXIMA KVA</b>	<b>ELEMENTO PARA PROTECCIÓN SECCIONAMIENTO</b>
Sobre 1000	Seccionador tripolar para operación baja carga.
300 - 1000	Seccionador fusible unipolar para operación con carga.
Inferiores a 300	Seccionadores fusibles unipolares

Elaborado por: Grupo de trabajo.  
Fuente: ELEPCO S. A.

## 4.6 PROTECCIONES EN LA CÁMARA DE TRANSFORMACIÓN CONTRA FACTORES AMBIENTALES.

### 4.6.1 PROTECCIONES DE LAS PARTES VIVAS.

Se cumple con los requerimientos mínimos especificados para instalaciones eléctricas de interiores estipulados por el NEC al saber la ubicación en un lugar accesible para el personal no menor a los indicados en el siguiente cuadro:

**CUADRO D2. ESPACIO MÍNIMO DE TRABAJO FRENTE A EQUIPOS ELÉCTRICOS.**

VOLTAJE NOMINAL A TIERRA	CONDICIONES		
	A (mm)	B (mm)	C (mm)
15 kV	1524	1829	2743

Elaborado por: Grupo de trabajo.  
Fuente: ELEPCO S. A.

**A.-** Partes activas descubiertas en un lado y ninguna parte activa o tierra al otro lado de trabajo, otras partes activas en ambos lados resguardados de madera apropiada u otros materiales aislantes, conductores aislados o barreras aisladas operando a voltajes menores de 300 V no son consideradas como partes vivas.

**B.-** Partes activas descubiertas en un lado y partes puesta a tierra en el otro, paredes de concreto ladrillo o bloque serán consideradas puesta a tierra.

**C.-** Partes activas descubiertas en los dos lados del espacio de trabajos no resguardados.

Las mínimas separaciones en el aire entre conductores activos desnudos con conductores y superficies adyacentes, puestas a tierra como se indica en el siguiente cuadro:

**CUADRO D3: MÍNIMO ESPACIO LIBRE DE PARTES ACTIVAS PARA INTERIORES.**

VOLTAJE NOMINAL A TIERRA	PRUEBA DE IMPULSO B.I.L.	MINIMO ESPACIO LIBRE DE PARTES ACTIVAS (mm)	
		FASE - FASE	FASE - TIERRA
13.8 kV	95 kV	191	127

Elaborado por: Grupo de trabajo.  
Fuente: ELEPCO S. A.

**CUADRO D4: ELEVACIÓN DE LAS PARTES ACTIVAS NO PROTEGIDAS SOBE LOS ESPACIOS DE TRABAJO.**

VOLTAJE NOMINAL A TIERRA	ELEVACIÓN
15 kV	2743 mm

Elaborado por: Grupo de trabajo.  
Fuente: ELEPCO S. A.

#### 4.6.2 PROTECCIONES CONTRA FUEGO.

Se toma medidas de precaución que garanticen la protección contra el fuego, los transformadores utilizados en las cámaras de transformación están sumergidos en aceite y se considera lo siguientes aspectos:

- Proveer protección con extinguidores que utilicen elementos no conductores de electricidad como bióxido de carbono, productos químicos secos etc.
- Las paredes, techos y puertas de la cámara de transformación deben ser construidos con materiales que tengan una adecuada rigidez estructural para cumplir con la condición de poseer una resistencia al fuego de tres horas de concordancia con la NORMA ASTM-75, pruebas contra el fuego de materiales empleados en la construcción de edificios NFPA 251-1972.
- Materiales a prueba de fuego.

Los locales que no deben estar cerca de la cámara de transformación son:

- Locales que puedan presentar gases o vapores en la atmósfera en una cantidad tal que puedan producir mezclas explosivas o inflamables como cámaras donde se apliquen pintura por atomización, salas de bombeo de gases inflamables etc.
- Lugares en los que existan polvos, combustible en la atmósfera que puedan inflamarse, aquellos en donde acumulan gran cantidad de polvo sobre equipos eléctricos impidiendo la disipación del calor o donde el polvo pueda ser inflamado por arcos o chispas eléctricas.
- Locales donde puedan haber en la atmósfera fibras o pelusas que sean fácilmente inflamables.

#### **4.7 ESPECIFICACIONES PARA LA CÁMARA DE TRANSFORMACIÓN.**

La disposición de los equipos se observa en el anexo D2 desde el gráfico D1 hasta el gráfico D11, respecto a los componentes se obtiene lo siguiente:

#### **4.7.1 PAREDES, TECHO Y PISO.**

La cámara de transformación es totalmente subterránea y su construcción corresponde a las reglas para trabajos en subsuelos.

#### **4.7.2 DRENAJE.**

En las cámaras de transformación que se instalan transformadores con capacidades superiores a 100 KVA según la NORMA NEC – 81 dispondrán de desagües u otros medios que puedan eliminar la acumulación de aceite o agua que pudiera depositar en el interior de las cámaras y el piso debe ser construido con una pendiente en dirección de la boca del desagüe.

#### **4.7.3 BASE DEL TRANSFORMADOR.**

La base sobre la cual se asientan los transformadores se construye en función de su peso y es de hormigón armado en el siguiente cuadro se aprecia las dimensiones y pesos referenciales de los transformadores trifásicos y monofásicos que se indica en el anexo D3 desde el gráfico D12 hasta el gráfico D14.

#### **4.7.4 VENTILACIÓN.**

La ventilación en una cámara de transformación es necesaria para disipar la humedad y el calor que produce el transformador.

#### **4.7.5 REJILLAS, PUERTA DE ACCESO Y PLACA DE IDENTIFICACIÓN.**

La rejilla es confeccionada en hierro angular, las puertas deben ser metálicas con su respectiva cerradura, se colocará una placa de identificación en la misma que constara obligatoriamente el nombre del proyecto, el número y capacidad del transformador

con una alerta del peligro de alta tensión y sus características se presentan en el anexo D2.

## **4.8 ASPECTOS CONSTRUCTIVOS.**

### **4.8.1 TRAZADO.**

Para realizar la instalación de los conductores subterráneos se procederá al trazado del recorrido que deberá seguir el conductor, para lo cual se procurará que la longitud del trazado sea lo más corta posible y que exista el mas mínimo movimiento de tierras.

En la construcción de las canalizaciones se considera lo siguiente:

- Se abrirá desde el borde interior de cinta gotera.
- En el fondo de la canalización debe quedar plano sin piedras u otros objetos que sobresalga que puedan dañar los elementos, evitando dejar tierra sin compactar para lo cual se colocara un colchón de arena como se muestra en el anexo D4, en los gráficos D15 hasta el D18.
- Para cualquier cambio de la profundidad de la canalización debe ser gradual y considerando la misma pendiente para lo cual se tomara la gradiente resultante del desnivel existente entre dos cajas contiguas.
- Las dimensiones de la canalización en función de su utilización se muestra en el anexo D4.
- Se procura evitar la rotura de cañerías de agua potable y aguas servidas también se toma precauciones con ductos telefónicos u otros servicios.

- La distancia entre cajas no excederá 80 m.

#### **4.8.2 TENDIDO DE CONDUCTORES.**

En el tendido de conductores tenemos las siguientes especificaciones:

- Los cables de media tensión quedan tendidos dentro de los tubos PVC esto se coloca en un colchón de arena recubriéndolos con arena, los cables de baja tensión irán directamente enterrados en la arena como se muestra en el anexo D4.
- Se cubrirá con tierra floja libre de piedras apisonándola uniformemente cada 20 cm en tramos de 50 cm., garantizando una firme compactación.
- Los cables no deben quedar completamente estirados, en los de bajo voltaje se procurara además que en frente de cada acometida aparezcan mas holgados para la facilidad de la construcción de la acometida.
- Al curvar los cables los de media tensión se debe operar suave y cuidadosamente.
- El radio mínimo de la curvatura de los cables es de 8 veces el diámetro del cable.
- Los cables de las tres fases y el neutro de cada circuito de bajo voltaje se agruparan de modo que quede un solo conjunto, de igual forma con los cables de las tres fases de los circuitos de mediano voltaje de interconexión entre cámaras cando van colocados en tubería en baja tensión cuando los

conductores van enterados directamente deberán mantener una separación de 10cm entre sí.

- En las cajas y en las cámaras los cables deberán cortarse con suficiente holgura para facilitar la construcción de los terminales.
- La repavimentación deberá realizarse considerando las especificaciones técnicas que las poseen el departamento de obras públicas.
- Al cruzar por caerías de agua potable, desagües se deben mantener una separación de los cables por lo menos 20 cm., si por razones no se puede profundizar en la zanja se recubrirá los ductos de PVC con una plancha de hormigón armado.
- En el cruce con cables telefónicos se deberá mantener una separación de 20 cm., en el caso de que el cable vaya paralelo en algún tramo con cable telefónico la separación no debe ser menor a 40 cm.

#### **4.8.3 CANALIZACIÓN.**

La canalización desde el punto de entrega hasta la caja junto a la cámara será de PVC y su diámetro estará en función del calibre de los conductores a protegerse siendo el diámetro mínimo de 110 mm.

#### **4.5.4 POZOS DE REVISIÓN.**

Se han previsto el empleo de cajas en medio y bajo voltaje para su ubicación en acera, calzada o mixto cuyas características se muestran en el anexo D5 en el gráfico D19 se indica las características constructivas del pozo de revisión de medio voltaje y en el

gráfico D20 para los pozos de bajo voltaje, el tipo de caja depende de su uso e importancia.

#### **4.5.4.1 DETALLES CONSTRUCTIVOS DE LAS POZOS.**

- En los costados de las cajas se colocarán los soportes necesarios para el paso de los conductores y deben estar separados de la pared 3 cm., evitando que llegue la humedad al conductor.
- Las tapas de la caja son de hormigón armado, para las ubicadas en la acera son de hierro fundido redondas.
- La base de la cámara deberá estar 25 cm., más abajo que el nivel inferior de entrada de los tubos PVC.
- La base de la caja estará soportada por zócalos de hormigón sueltos en las bases de las paredes relleno con ripio.
- La losa de las cajas será de hormigón armado de 10 cm., de espesor alcanzando una resistencia de 200 kg/cm<sup>2</sup>, será construida de tal forma que la parte superior corresponda a la parte inferior del pavimento o a la superior de la acera según sea el caso.
- Las paredes y losas deberán numerarse de acuerdo a lo que determine la fiscalización.

#### 4.9 ACOMETIDAS.

Los cables para la acometida desde la caja de revisión deberán ir tendidos en tubos de PVC, mientras sea posible empotrar en el suelo o en la pared de lo contrario se utilizará tubería EMT.

#### 4.10 SISTEMA DE MEDICIÓN.

En función de la potencia, se establece las siguientes clases de medición:

**CUADRO D5: CLASES DE MEDICIÓN EN FUNCIÓN DE POTENCIA.**

CLASE	INST.	MEDIDA	POTENCIA	OBSERVACIONES
DIRECTA	BV	Monofásico 2 hilos	Hasta 6 kw	
DIRECTA	BV	Bifásico o monofásico 3 hilos	Hasta 20 kw	
DIRECTA	BV	Trifásico	Hasta 30 kw	
INDIRECTA	BV	Bifásico o monofásico 3 hilos	Mayor a 20 kw	Con transformador de corriente
INDIRECTA	BV	Trifásico	Mayor a 30 kw	Con transformador de corriente
INDIRECTA	MV	Trifásico	Mayor o igual a 300 kva	Con transformador de corriente y potencia
DIRECTA	BV	Electrónico	Hasta 30 k w	
DIRECTA	BV	Electrónico	Mayor a 20 kw hasta 40 kw	
INDIRECTA	BV	Electrónico	Cualquier potencia	Con transformador de corriente

Elaborado por: Grupo de trabajo.  
Fuente: ELEPCO S. A.

## **4.11 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.**

### **4.11.1 TRANSFORMADORES.**

Los transformadores deben cumplir las especificaciones estipuladas en REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA de esta guía de diseño.

En lo referente al aceite se debe tener presente los siguientes requerimientos:

- Alta rigidez dieléctrica de acuerdo a lo recomendado por norma.
- Libre de ácidos inorgánicos, alkalis y sulfuros corrosivos previniendo el daño al aislamiento de los conductores.
- Baja viscosidad facilitando una buena transferencia de calor.
- Buena resistencia a la emulsión, para que el aceite contrarreste la humedad en lugar de permitir que esta permanezca en suspensión.
- Libre de sedimentaciones y que se encuentre en condiciones normales de operación.

### **4.11.2 CONDUCTORES DE MEDIO VOLTAJE.**

Las características que debe presentar un conductor aislado para media tensión esto es 15kV son la que se muestran a continuación:

- Tipo de cable: XLPE apantallado con cinta de cobre
- Temperatura del conductor: 90°C

- Temperatura del ambiente: 20°C
- Resistividad térmica del suelo: 90°C cm/W
- Factor de carga: 100%
- Factor de potencia: 0.95 y 0.90
- Espesor de aislamiento: 5.461mm (0.215")
- Nivel de aislamiento: 133% (con neutro a tierra)
- Pantalla de cinta de cobre.
- Chaqueta exterior de PVC.

#### **4.11.3 CABLES PARA BAJO VOLTAJE.**

- Tipo de cable: TTU
- Temperatura del conductor: 75°C
- Temperatura del ambiente: 20°C
- Resistividad térmica del suelo: 90°C cm/W
- Factor de carga: 100%
- Factor de potencia: 0.95 y 0.90

#### **4.11.4 AISLANTES.**

El aislamiento es el componente más importante de un cable y debe cumplir ciertos requisitos:

- Flexibilidad.
- Resistencia mecánica
- Resistencia a altas temperaturas.
- Resistencia a la humedad.
- Estabilidad.
- Larga duración.
- Buenas propiedades dieléctricas.

#### **4.11.5 TERMINALES.**

El objetivo de la utilización de terminales en el sistema de distribución subterráneo es reducir o controlar esfuerzos eléctricos que se presentan en el aislamiento del cable al interrumpir y retirar la pantalla sobre el aislamiento, además proporciona al cable una distancia de fuga aislada adicional y hermeticidad adecuada.

#### **4.11.6 TUBERÍA.**

Se utiliza tubería de PVC reforzado (polivinil de cloruro) de alta calidad soportando las altas presiones superficiales como internas, para su unión se utilizará adhesivo especial (pega de PVC) garantizando la hermeticidad.

En el siguiente cuadro se muestra las características de la tubería a utilizarse en las redes subterráneas.

**CUADRO D6: CARACTERÍSTICAS DE LA TUBERÍA.**

<b>TIPO</b>	<b>LONGITUD (metros)</b>
INEN 1374	3 a 6
INEN 1869	3 a 6
FLEX	3 a 6

Elaborado por: Grupo de trabajo.  
Fuente: ELEPCO S. A.

#### **4.11.7 INTERRUPTORES TERMOMAGNÉTICOS.**

Los interruptores deben disponer de un mecanismo de operación de disparo libre, articulado, con acción de cierre rápido, apertura rápida e indicación en la manija en sus tres posiciones abierto, disparado y cerrado.

Además deberá tener una curva permanente de disparo común con elemento térmico y magnético, un botón externo para comprobar el funcionamiento de disparo.

Todos estos elementos deben ser fabricados y probados de conformidad con las normas: NEMA, UDE, ASTM cumpliendo con las siguientes especificaciones:

- Numero de polos: 1, 2 o 3 de acuerdo a las necesidades.
- Corriente nominal: de acuerdo a las necesidades.
- Tensión nominal: 240 V.
- Capacidad de apertura: de acuerdo a las necesidades mínimo 10 Amps.
- Terminales para conductor: 1/0 a 250 MCM.
- Montaje en armario.

#### **4.12 DEMANDA EN REDES SUBTERRÁNEAS.**

El dimensionamiento de los elementos que constituyen una red dependen básicamente de la demanda diversificada que impongan el grupo de usuarios que se alimentan de la misma a continuación se presentan ciertos lineamientos que permiten orientar de mejor manera en el cálculo de este parámetro.

##### **4.12.1 SECTORIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA DE LA RED SUBTERRÁNEA.**

Se dividió la zona de influencia de la red subterránea, en sectores homogéneos de consumo y comportamiento de carga en el sector que se establezca un futuro proyecto se define a la categoría del usuario que tendrá que ser considerado como puede ser tipo A, B o C y se muestra la ubicación de las diferentes cámaras de transformación que existen actualmente y forman parte de la red subterránea.

#### **4.12.2 DEMANDA DE DISEÑO.**

Una vez definido la categorización y sectorización del usuario tipo, las demandas de diseño se encuentran establecidas en la parte III de las guías de diseño del presente modulo.

#### **4.12.3 PERIODOS DE DISEÑO.**

Se deberá considerar en el dimensionamiento de sus componentes una proyección en la demanda de 10 años especificada desde la fecha de la ejecución del proyecto tanto para redes de media y baja tensión.