

CAPÍTULO 4 - SUBESTACIONES

 La energía de nuestra gente	EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.		
	SUBESTACIONES (CAPÍTULO 4)		NORMA EDEQ
Elaboró: Convenio EDEQ-UTP	Revisó:	Aprobó:	Fecha: Febrero de 2009

CONTENIDO

	Página
4.1 GENERALIDADES Y GLOSARIO	4
4.1.1 Presentación de Planos y Memorias de Cálculo	10
4.1.2 Tipos de Subestación	13
4.1.3 Límites de Carga	13
4.1.4 Requisitos de las Subestaciones	14
4.1.5 Transformadores	19
4.2 SUBESTACIONES A 33 kV	22
4.2.1 Generalidades	22
4.2.2 Subestaciones Industriales	23
4.2.2.1 Características del Transformador	23
4.2.2.2 Equipo de Medida	24
4.2.2.3 Equipo de Protección y Maniobra	26
4.2.2.4 Malla de Tierra	27
4.2.2.5 Cerramiento	28
4.2.2.6 Iluminación	28
4.2.3 Subestaciones Reductoras 33 kV /13.2 kV	29
4.2.3.1 Especificaciones Subestaciones de 0.5 MVA a 2 MVA	32
4.2.3.2 Especificaciones Subestaciones de 2.5 MVA a 10 MVA con celdas	32
4.2.3.3 Especificaciones Subestaciones de 2.5 MVA a 10 MVA con reconectador	38
4.2.3.3.1 Reconectores	40
4.2.3.3.2 Transformadores de Potencial	41
4.2.3.3.3 Transformadores de Corriente	42
4.2.3.3.4 Seccionadores a 13.2 kV	42
4.2.3.3.5 Caseta de Control	42
4.2.3.3.6 Tablero de Control	42
4.3 SUBESTACIONES A 13.2 kV	44
4.3.1 Subestaciones Tipo Poste	45
4.3.2 Subestaciones en Patio	48
4.3.3 Subestaciones Tipo Pedestal	50

 <small>La energía de nuestra gente</small>	EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.			NORMA EDEQ
	SUBESTACIONES (CAPÍTULO 4)			
Elaboró: Convenio EDEQ-UTP	Revisó:	Aprobó:	Fecha: Febrero de 2009	

	Página
4.3.4 Subestación Interior Capsulada	54
4.3.4.1 Local de la Subestación	55
4.3.4.2 Iluminación	57
4.3.4.3 Acceso y Espacio de Trabajo	57
4.3.4.4 Celdas	58
4.3.4.5 Subestación con Transformador en Aceite	60
4.3.4.6 Subestación con Transformador Seco	62
4.3.4.6.1 Transformador hasta 112.5 kVA	64
4.3.4.6.2 Transformador mayor a 112.5 kVA	64
4.3.5 Subestación Subterránea o Cámara	64
4.3.6 Sistema de Protecciones	66
4.3.6.1 Descargadores de Sobretensión (DPS's)	66
4.3.6.2 Cortacircuitos Primarios	68
4.3.6.3 Fusibles para Cortacircuitos Primarios	69
4.3.6.4 Seccionador de Operación bajo Carga sin Fusibles	70
4.3.6.5 Seccionador de Operación bajo Carga con Fusibles	72
 4.4 MALLA DE TIERRA	 73
 TABLAS	
Tabla 4.1 Espacios de trabajo	16
Tabla 4.2 Protección sobrecorriente de transformadores mayores a 600 V	21
Tabla 4.3 Equipo de maniobra y protección en media tensión	22
Tabla 4.4 Potencias nominales de transformadores a 33 kV	23
Tabla 4.5 Fusibles de media tensión transformadores pedestal	53
Tabla 4.6 Clasificación de los transformadores secos	63
Tabla 4.7 Valores recomendados de fusibles en transformadores de distribución	70
Tabla 4.8 Valores de referencia de puesta a tierra	74

	EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.			NORMA EDEQ
	SUBESTACIONES (CAPÍTULO 4)			
Elaboró: Convenio EDEQ-UTP	Revisó:	Aprobó:	Fecha: Febrero de 2009	



4. SUBESTACIONES

4.1 GENERALIDADES Y GLOSARIO

En este capítulo se fijan las Normas mínimas que deben cumplir las subestaciones de media tensión a 33 kV y 13.2 kV que se diseñen y construyan en el área de influencia de la Empresa de Energía del Quindío S.A. E.S.P. Estas Normas acatarán todas las disposiciones contenidas en el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas, RETIE, en especial el Capítulo: “REQUISITOS ESPECÍFICOS PARA EL PROCESO DE TRANSFORMACIÓN (SUBESTACIONES)”, y la NTC 2050 Sección 450. Las redes y las subestaciones a nivel de tensión 4, se regirán por las disposiciones de la CREG y de la UPME (Unidad de Planeación Minero Energética).

EDEQ S.A. E.S.P. autorizará la conexión al nivel de tensión solicitado, de acuerdo con el Código de Distribución (Resolución CREG 070/98 y las que la modifiquen) vigente en el momento de aprobación del proyecto, siempre y cuando exista factibilidad de suministrar la potencia solicitada. El Operador de Red (OR), podrá modificar el nivel de tensión solicitado por el cliente, si por razones técnicas así lo considera.

Se presentan, a continuación, las definiciones de algunos términos empleados frecuentemente en las actividades que involucran las subestaciones.

Acometida. Derivación de la red local del servicio respectivo, que llega hasta el registro de corte del inmueble. En edificios de propiedad horizontal o condominios, la acometida llega hasta el registro de corte general.

	EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.			NORMA EDEQ
	SUBESTACIONES (CAPÍTULO 4)			
Elaboró: Convenio EDEQ-UTP	Revisó:	Aprobó:	Fecha: Febrero de 2009	

Alta concentración de personas. Cuando se pueden concentrar 100 o más personas en cada piso o nivel o más de 500 en todo el edificio.

BIL. Nivel básico de aislamiento ante impulsos tipo rayo.

Bóveda. Cuarto dentro de un edificio, reforzado para resistir el fuego, con acceso limitado a personal calificado, ubicada sobre o bajo el nivel del suelo, donde se ubican transformadores de potencia sumergidos en aceite, secos de más de 112.5 kVA, o de tensión mayor a 35 kV.

Cárcamo. Excavación o trinchera con paredes y piso en mampostería y tapas del mismo material; en su construcción se prevén dispositivos para asegurar los cables o los ductos.

Certificado de conformidad. Documento emitido conforme a las reglas de un sistema de certificación, en el cual se puede confiar razonablemente que un producto, proceso o servicio es conforme con una norma, especificación técnica u otro documento normativo específico.

Circuito bifásico. Circuito polifásico de tres, cuatro o cinco conductores diferentes que se van a energizar, de manera que en la etapa estacionaria las tensiones alternas entre dos pares seleccionados de terminales de entrada, diferentes al terminal neutro, si lo hay, tienen el mismo período, son iguales en amplitud, y tienen una **diferencia de fase de 90°**.

Circuito trifásico. Combinación de circuitos energizados por fuerzas electromotrices alternas, las cuales difieren por un tercio de un ciclo, esto es 120° del ángulo especificado.

Conductor a tierra. También llamado conductor del electrodo de puesta a tierra, es aquel que conecta un sistema o circuito eléctrico intencionalmente a una puesta a tierra.

 La energía de nuestra gente	EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.			NORMA EDEQ
	SUBESTACIONES (CAPÍTULO 4)			
Elaboró: Convenio EDEQ-UTP	Revisó:	Aprobó:	Fecha: Febrero de 2009	

Conexión equipotencial. Conexión eléctrica entre dos o más puntos, de manera que cualquier corriente que pase no genere una diferencia de potencial sensible entre ambos.

Contacto directo. Es el contacto de personas o animales con conductores activos de una instalación eléctrica.

Contacto eléctrico. Acción de unión de dos elementos con el fin de cerrar un circuito. Puede ser de frotamiento, de rodillo, líquido o de presión.

Contacto indirecto. Es el contacto de personas o animales con elementos o partes conductoras que normalmente no se encuentran energizadas pero que, en condiciones de falla de los aislamientos, se puedan energizar.

Corriente de contacto. Corriente que circula a través del cuerpo humano, cuando está sometido a una tensión de contacto.

Cortocircuito. Unión de muy baja resistencia entre dos o más puntos de diferente potencial del mismo circuito.

Dispositivo de protección contra sobretensiones transitorias (DPS). Dispositivo diseñado para limitar las sobretensiones transitorias y conducir las corrientes de impulso. Contiene al menos un elemento no lineal.

Distancia a masa. Distancia mínima, bajo condiciones especificadas, entre una parte bajo tensión y toda estructura que tiene el mismo potencial de tierra.

Distancia de seguridad. Distancia mínima alrededor de un equipo eléctrico o de conductores energizados, necesaria para garantizar que no habrá accidente por acercamiento de personas, animales, estructuras, edificaciones o de otros equipos.

Electrodo de puesta a tierra. Es el conductor o conjunto de conductores enterrados que sirven para establecer una conexión con el suelo.

Equipotencializar. Es el proceso, práctica o acción de conectar partes conductoras de las instalaciones, equipos o sistemas entre sí o a un sistema de puesta a tierra,

	EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.			NORMA EDEQ
	SUBESTACIONES (CAPÍTULO 4)			
Elaboró: Convenio EDEQ-UTP	Revisó:	Aprobó:	Fecha: Febrero de 2009	

mediante una baja impedancia, para que la diferencia de potencial sea mínima entre los puntos interconectados.

Explosión. Expansión rápida y violenta de una masa gaseosa que genera una onda de presión que puede afectar sus proximidades.

GPR (Ground Potential Rise). Máxima tensión eléctrica que la malla de tierra de una subestación alcanza con relación a un punto que, se asume, está al mismo potencial de la tierra remota. Su valor se obtiene multiplicando la máxima corriente en la malla por la resistencia eléctrica de ésta.

Instalación eléctrica de distribución. Se calificará, según el RETIE, como instalación eléctrica de distribución, todo conjunto de aparatos y de circuitos asociados para transporte y transformación de la energía eléctrica, cuyas tensiones nominales sean iguales o superiores a 110 V y menores a 57.5 kV.

Instalación eléctrica de transmisión. El RETIE considera transmisión a la transferencia (transporte) de energía eléctrica en tensiones iguales o mayores a 57.5 kV y no se debe relacionar con aspectos de tipo comercial o de calidad del servicio.

Lugar (clasificado) peligroso. Aquella zona donde están o puedan estar presentes gases o vapores inflamables, polvos combustibles o partículas volátiles de fácil inflamación.

Metal clad. Totalmente cerrado con compartimientos y barreras internas metálicas y puestas a tierra que separan perfectamente un elemento de otro, además de tener las barras aisladas.

Metal enclosed. Todos los elementos están dentro de una caja de lámina de acero, sin separación específica entre ellos, y las barras no tienen algún aislamiento.

Método electrogeométrico. Procedimiento que permite establecer cuál es el volumen de cubrimiento de protección contra rayos de una estructura para una corriente dada, según la posición y la altura de la estructura considerada como pararrayos.

	EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.		
	SUBESTACIONES (CAPÍTULO 4)		
Elaboró: Convenio EDEQ-UTP	Revisó:	Aprobó:	Fecha: Febrero de 2009
			NORMA EDEQ

Muro cortafuego. Muro construido con estabilidad estructural, que cumple con el tiempo mínimo de resistencia al fuego, y que separa totalmente dos partes de un mismo edificio o dos edificios contiguos.

Persona calificada. Persona natural que demuestre su formación profesional en el conocimiento de la electrotecnia y los riesgos asociados a la electricidad y, además, cuente con matrícula profesional, certificado de inscripción profesional, o certificado de matricula profesional, que según la normatividad legal vigente, lo autorice o acredite para el ejercicio de la profesión.

Puerta cortafuego. Puerta que cumple los criterios de estabilidad, estanqueidad, no emisión de gases inflamables y aislamiento térmico cuando se encuentra sometida al fuego o incendio durante un período de tiempo determinado.

Puesta a tierra. Grupo de elementos conductores equipotenciales, en contacto eléctrico con el suelo o una masa metálica de referencia común, que distribuye las corrientes eléctricas de falla en el suelo o en la masa. Comprende electrodos, conexiones y cables enterrados.

Resistencia de puesta a tierra. Es la relación entre el potencial del sistema de puesta a tierra a medir y la corriente alterna inyectada en el suelo.

Seccionador. Dispositivo destinado a hacer un corte visible en un circuito eléctrico y está diseñado para que se manipule después de que el circuito se ha abierto por otros medios.

Sistema de puesta a tierra (SPT). Conjunto de elementos conductores continuos de un sistema eléctrico específico, sin interrupciones, que conectan los equipos eléctricos con el terreno o con una masa metálica. Comprende la puesta a tierra y la red equipotencial de cables que normalmente no conducen corriente.

	EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.			NORMA EDEQ
	SUBESTACIONES (CAPÍTULO 4)			
Elaboró: Convenio EDEQ-UTP	Revisó:	Aprobó:	Fecha: Febrero de 2009	

Sistema de puesta a tierra de protección. Conjunto de conexión, encerramiento, canalización, cable y clavija que se acoplan a un equipo eléctrico, para prevenir electrocuciones por contactos con partes metálicas energizadas accidentalmente.

Sobretensión. Tensión anormal existente entre dos puntos de una instalación eléctrica, superior a la tensión máxima de operación normal de un dispositivo, equipo o sistema.

Subestación. Conjunto único de instalaciones, equipos eléctricos y obras complementarias, destinado a la transferencia de energía eléctrica, mediante la transformación de potencia.

Tensión de contacto. Diferencia de tensión entre una estructura metálica puesta a tierra y un punto de la superficie del terreno a una distancia de un metro. Esta distancia horizontal es equivalente a la máxima que se puede alcanzar al extender el brazo.

Tensión de paso. Diferencia de tensión entre dos puntos de la superficie del terreno, separados por una distancia de un metro en la dirección del gradiente de tensión máximo. Esta distancia es equivalente a un paso normal promedio.

Tensión transferida. Es un caso especial de tensión de contacto, donde un potencial es conducido hasta un punto remoto respecto a la subestación o a una puesta a tierra.

Transformador de distribución. Transformador para transferir energía de un circuito de distribución primario hasta un circuito de distribución secundario o circuito de servicio al consumidor. Los transformadores de distribución están, usualmente, entre 5 kVA y 500 kVA.

Transformador de frente muerto. El que está construido de tal forma que no hay partes vivas expuestas en el frente del ensamble.

 La energía de nuestra gente	EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.			NORMA EDEQ
	SUBESTACIONES (CAPÍTULO 4)			
Elaboró: Convenio EDEQ-UTP	Revisó:	Aprobó:	Fecha: Febrero de 2009	

Transformador de frente vivo. El que está construido de tal forma que sí hay partes vivas expuestas en el frente del ensamble.

Transformador de medida. Transformador diseñado para reproducir, en su circuito secundario, la corriente o tensión de su circuito primario en una proporción definida y conocida, conservando sustancialmente las relaciones de fase y forma de onda.

Transformador seco. Transformador en el cual el núcleo y las bobinas están en un medio de composición aislante seco o gaseoso.

Transformador sumergido en líquido. Transformador en el cual el núcleo y las bobinas están sumergidos en un líquido aislante.

Transformador tipo pedestal. Transformador para instalación exterior o interior, utilizado como parte de un sistema de distribución subterráneo, con compartimientos sellados para alta y baja tensión, cuyos cables de alimentación entran por la parte inferior e instalado sobre una base o pedestal.

4.1.1 Presentación de Planos y Memorias de Cálculo

Para la conexión de la subestación por parte del OR, el Cliente deberá presentar a EDEQ S.A. E.S.P. la siguiente información:

Plano (o planos) de la localización del proyecto debidamente georeferenciado; en él se incluirán todas las redes de media y baja tensión, voz, datos e imágenes, acueducto, alcantarillado y gas en la zona cercana al proyecto. Así mismo se mostrarán las vías, andenes, zonas verdes, jardines; se identificará el punto de conexión, la trayectoria y tipo de acometida y la ubicación de la subestación. El plano incluirá la vista en planta, los cortes y otras vistas, en las cuales se aprecie la disposición y las dimensiones de los equipos y otros elementos que la conforman; localización y dimensiones de los cárcamos, puertas de acceso, mallas de

	EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.		
	SUBESTACIONES (CAPÍTULO 4)		NORMA EDEQ
Elaboró: Convenio EDEQ-UTP	Revisó:	Aprobó:	Fecha: Febrero de 2009

cerramiento, sistema de iluminación interior y exterior y sistema de ventilación. Además se deberán apreciar dimensiones de los espacios de trabajo y las distancias de seguridad de acuerdo al nivel de tensión; igualmente se presentarán el diagrama unifilar de la subestación y las memorias de cálculo los cuales incluirán la siguiente información:

- Punto de conexión a la red de EDEQ S.A. E.S.P.
- El interruptor automático (dispositivo diseñado para que abra el circuito automáticamente cuando se produzca una corriente determinada, según lo define el RETIE) que EDEQ S.A. E.S.P. podrá exigir para potencias mayores o iguales a 1.6 MVA instalados
- Equipo de seccionamiento, maniobra y protección: seccionador para operación bajo carga (especificadas las tensiones nominal y máxima, corrientes nominal y de cortocircuito) y fusibles limitadores escogidos adecuadamente, no sólo en cuanto a la demanda estimada de la potencia sino, además, buscando la coordinación de protecciones con los fusibles de la acometida general; los transformadores de más de 600 V deberán tener protección contra sobrecorrientes en el primario y en el secundario, Tablas 450-3.a).1) y 450-3.a).2) de la Norma NTC-2050. En cuanto a los transformadores de potencial y de corriente para conectar al medidor de energía, deberán instalarse aguas arriba de cualquier equipo de maniobra o protección contra sobreintensidades. Del seccionador debe especificarse si se trata de un elemento independiente o si está integrado al transformador (*pad mounted*), caracterizando completamente el equipo de maniobra y protección. Los fusibles limitadores (HH) cumplirán la Norma IEC 282-1 y se escogerán a partir de la potencia del transformador o de la demanda inicial si ésta es mucho menor, según criterio de EDEQ S.A. E.S.P.

	EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.		
	SUBESTACIONES (CAPÍTULO 4)		NORMA EDEQ
Elaboró: Convenio EDEQ-UTP	Revisó:	Aprobó:	Fecha: Febrero de 2009

- Sistema de protección contra sobretensiones: descargadores de sobretensión de óxido metálico y bajante a tierra en el punto de conexión y frente a los aisladores del transformador; asignación del BIL (*Basic Insulation Impulse Level*) para cada componente de la subestación
- Sistema de medición: transformadores de medición seleccionados por su tensión, relación de transformación, clase, tipo, conexión de sus secundarios al medidor (indicando calibres y colores de los conductores), medidor adecuado así como el respectivo bloque terminal de prueba
- Transformador o transformadores de potencia (banco): potencia aparente nominal, tensiones nominales según Normas vigentes, rango de las compensaciones de tensión por medio del derivador, tipo de refrigeración, impedancia de cortocircuito, pesos del aceite y del resto del transformador, volumen del aceite, número de serie, año, marca, etc.
- Puntos de conexión a tierra de: transformadores de medición y de potencia, descargadores de sobretensión, chasises de elementos como el seccionador, hilo de guarda si lo hubiere, la pantalla y los terminales premoldeados de los cables monopolares (en la derivación y en la conexión al seccionador, para cualquier longitud), dispositivos de protección contra sobretensiones (conmutadores o limitadores), etc.
- Malla de tierra: conductor de la bajante (fijando el conductor del electrodo de puesta a tierra según la Tabla 250-94 de la NTC-2050), electrodos empleados, topología de la malla, puntos de soldadura exotérmica, conductor de la malla, profundidad de la zanja, cámaras para evaluación de la resistividad y la resistencia mediante telurómetro, etc. El conductor de puesta a tierra para baja tensión debe cumplir con la Tabla 250-95 de la NTC-2050

 La energía de nuestra gente	EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.			NORMA EDEQ
	SUBESTACIONES (CAPÍTULO 4)			
Elaboró: Convenio EDEQ-UTP	Revisó:	Aprobó:	Fecha: Febrero de 2009	

- Sistema de protección en baja tensión: tipo de elemento de disparo (térmico, magnético, etc.), capacidad de despeje de corrientes de falla, dispositivos de protección contra sobretensiones transitorias (DPS conmutadores o limitadores)
- Protección contra falla a tierra de equipos: esta protección se debe proporcionar para acometidas y alimentadores eléctricos en estrella puestas a tierra sólidamente, con una tensión a tierra superior a 150 V pero que no supere los 600 V entre fases, para cada dispositivo de desconexión de 1000 A nominales o más; tal como lo exige la Norma NTC-2050 en su Artículo 230-95
- Barrajes: general y de emergencia, transferencia total o selectiva, dimensiones y aislamiento de barras, distancias de seguridad eléctricas (fase-tierra) y mecánicas (esfuerzos de cortocircuito)

4.1.2 Tipos de Subestación

Las subestaciones, de acuerdo al tipo de construcción se pueden clasificar en exteriores e interiores. Las subestaciones exteriores pueden ser:

1. Tipo poste o aéreas, cuando para su montaje se requiere de uno o dos postes, según el peso del transformador
2. Exterior de patio, con encerramiento en malla o muro
3. Pedestal (*Pad Mounted*)
4. Tipo interior
5. Subterránea

4.1.3 Limites de Carga

	EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.			NORMA EDEQ
	SUBESTACIONES (CAPÍTULO 4)			
Elaboró: Convenio EDEQ-UTP	Revisó:	Aprobó:	Fecha: Febrero de 2009	



EDEQ S.A. E.S.P. autorizará, en condiciones normales, la conexión de transformadores hasta de 500 kVA a sus redes aéreas de 13.2 kV; sin embargo, cuando las circunstancias lo exijan, EDEQ S.A. E.S.P. asignará un nivel de tensión diferente al solicitado por el cliente.

Cuando la capacidad del transformador a instalar supere los 500 kVA, EDEQ S.A. E.S.P. permitirá la conexión del mismo a sus redes de 33 kV, salvo que, por motivos técnicos, se determine algo diferente; en todo caso EDEQ S.A. E.S.P., evaluará la posibilidad de conexión a redes que puedan satisfacer las necesidades del cliente.

4.1.4 Requisitos de las Subestaciones

El local de la subestación ofrecerá fácil acceso al personal calificado permitiendo las labores de inspección y mantenimiento. En condominios, edificios de apartamentos u oficinas, se debe ubicar en la zona común y, lo más cerca posible al exterior de la edificación, para minimizar el recorrido de redes de media tensión dentro de la misma.

La altura mínima exigida para el local de la subestación será de 2.40 m.

El nivel de iluminación mínimo exigido en el local de la subestación es de 300 luxes al nivel del piso; el control de alumbrado, en lo posible, se ubicará fuera del local pero cerca al acceso.

Todas las subestaciones deberán poseer un cerramiento exterior para impedir el paso de las personas no autorizadas al interior de aquéllas. Igualmente se establece que el control de la cerradura se encuentre en poder de la Administración o de EDEQ S.A. E.S.P.

	EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.			NORMA EDEQ
	SUBESTACIONES (CAPÍTULO 4)			
Elaboró: Convenio EDEQ-UTP	Revisó:	Aprobó:	Fecha: Febrero de 2009	

En cada una de las entradas a la subestación deberá instalarse un rotulo visible con la señal de riesgo eléctrico tal como está consignado en el RETIE en la sección 11.3 y otro rótulo con la advertencia “Prohibido el Paso de Particulares”. Para subestaciones con encerramiento en malla, se colocarán señales adicionales a lo largo del perímetro de la misma.

En las subestaciones, cerca a la puerta de entrada, se deben ubicar extintores de CO₂ ó polvo químico para incendios clase B ó C y con una capacidad de 15 libras.

Los locales ubicados en sótanos y semisótanos, con el techo debajo de antejardines y paredes que estén en contacto con muros de contención, deberán ser impermeabilizados para evitar humedad y oxidación. No podrán ser atravesados por tuberías de agua, gas o cualquier otra tubería ajena a la instalación eléctrica; sólo se permitirá tubería de agua que haga parte del sistema de extinción de incendio.

En todo local de subestación o cuarto de equipo de maniobra y protección se deberán guardar los espacios de trabajo requeridos, según la NTC 2050 Sección 110.16, como se especifica en la Tabla 4.1.

Tabla 4.1 Espacios de trabajo

Tensión nominal a tierra (V)	Distancia mínima según la condición ¹ (m)		
	Condición 1	Condición 2	Condición 3
0 – 150	0.9	0.9	0.9
151 – 600	0.9	1.1	1.2
601 - 2 500	0.9	1.2	1.5
2 501 - 9 000	1.2	1.5	1.8
9 001 - 25 000	1.5	1.8	2.7
25 001 - 75 000	1.8	2.4	3.0
más de 75 000	2.4	3.0	3.7

 La energía de nuestra gente	EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.			NORMA EDEQ
	SUBESTACIONES (CAPÍTULO 4)			
Elaboró: Convenio EDEQ-UTP	Revisó:	Aprobó:	Fecha: Febrero de 2009	

¹Condiciones:

1. Partes energizadas expuestas de un lado y ninguna parte energizada o puesta a tierra en el otro lado del espacio de trabajo; o partes energizadas expuestas a ambos lados protegidas eficazmente por madera u otros materiales aislantes adecuados. No se consideran partes energizadas los cables o barras aisladas que funcionen a menos de 300 V.
2. Partes energizadas expuestas a un lado y puestas a tierra en el otro. Paredes de hormigón, ladrillo o baldosa se deben considerar como puestas a tierra.
3. Partes energizadas expuestas a ambos lados del espacio de trabajo (no protegidas como está previsto en la condición 1).

Las subestaciones que alimenten cargas en lugares con alta concentración de personas, no emplearán transformadores sumergidos en líquidos a menos que estén confinados en una bóveda con resistencia al fuego, mínimo, de tres horas, y que dichas bóvedas estén localizadas en el primer piso o por debajo de éste.

En sitios cercanos a la subestación no se almacenarán combustibles. Se prohíbe la ubicación de subestaciones en Áreas Clasificadas, donde pueda existir peligro de fuego o explosión. Para mayor claridad, EDEQ S.A. E.S.P. adopta la NTC 2050, Artículos 500 al 517.

La NTC 2050 en el artículo 450-45, fija el área mínima requerida para la ventilación del transformador. En resumen, se establece que el área de ventilación, después de restar el área ocupada por persianas, rejillas o pantallas, no deberá ser menor a 20 cm²/kVA de los transformadores en servicio. Para transformadores menores a 50 kVA, el área neta no deberá ser menor a 930 cm²; estas aberturas de ventilación deberán ejecutarse hacia el área exterior del local. Como los transformadores se enfrían por convección se requieren, por lo menos, dos aberturas de ventilación localizadas, en lo posible, en paredes opuestas; cada una de ellas tendrá como

 La energía de nuestra gente	EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.			NORMA EDEQ
	SUBESTACIONES (CAPÍTULO 4)			
Elaboró: Convenio EDEQ-UTP	Revisó:	Aprobó:	Fecha: Febrero de 2009	



mínimo el 50% del área menor requerida para la ventilación: una localizada cerca al piso, para la entrada del aire frío, y la segunda cerca al techo para la salida del aire caliente.

Todos los elementos metálicos que no transporten corriente, ubicados dentro de la subestación, deberán conectarse a tierra (paneles, gabinetes, tableros, bastidores, puertas, ventanas, rejas, pantallas, etc.).

Los elementos que hacen parte del sistema eléctrico y que se conectarán a tierra, dentro del local de la subestación, son:

- Neutro del transformador
- Tanque del transformador
- Herrajes de soporte de cables
- Chasis del seccionador
- Celdas de media tensión
- Pantallas de cables de media tensión
- Tableros de baja tensión

Para las subestaciones tipo exterior enmallada o en muro, la puerta de acceso deberá ser mínimo de 2 m de ancho; las tipo interior tendrán un ancho mínimo de 1 m; pero, si la arista menor del transformador mide más de 1 m, el ancho mínimo será el de esta arista más un 30%.

Todas las subestaciones tipo exterior tendrán un sistema de cárcamos para el fácil manejo de los conductores eléctricos. En cuanto a las interiores, el sistema de canalización de conductores, preferiblemente, se hará también empleando cárcamos.

	EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.			NORMA EDEQ
	SUBESTACIONES (CAPÍTULO 4)			
Elaboró: Convenio EDEQ-UTP	Revisó:	Aprobó:	Fecha: Febrero de 2009	



Con respecto a las características de los cárcamos, EDEQ S.A. E.S.P., establece que:

- Deben resistir las fuerzas a las que se verán sometidos durante toda su vida útil
- Incluirán sistemas para evacuación del agua
- Estarán provistos de tapas fácilmente manejables, reforzadas con hierro y antideslizantes
- Tendrán bandejas o soportes horizontales o verticales, debidamente localizados y asegurados, en los cuales se instalarán los cables para evitar su contacto con el suelo

Cuando se utilicen transformadores sumergidos en aceite, se dispondrá de un foso para almacenar el aceite en caso de derrame o filtración, con capacidad para encerrar el 50% del aceite contenido en el tanque del transformador.

El foso deberá, en lo posible, disponer en el fondo de un conducto que comunique a una trampa en la cual se pueda recoger el aceite vertido. En ningún momento el aceite se verterá al sistema de alcantarillado o de aguas lluvias. El foso, o en su defecto la trampa, deberán ser de fácil acceso para su revisión y extracción del aceite vertido. El foso deberá cubrirse con una rejilla metálica galvanizada, adecuadamente asegurada a las paredes, de manera que permita colocar encima de ella una capa de piedra de forma redonda-ovalada, lavada, con un tamaño promedio de 8 cm a 10 cm de diámetro. La capa de piedra deberá tener como mínimo 15 cm de profundidad. Cuando exista la posibilidad de conducir el aceite del foso a un depósito externo, esta canalización deberá tener una barrera cortafuego; si no es posible construir el ducto, se empleará una bomba de achique para extraer el aceite.

	EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.			NORMA EDEQ
	SUBESTACIONES (CAPÍTULO 4)			
Elaboró: Convenio EDEQ-UTP	Revisó:	Aprobó:	Fecha: Febrero de 2009	

El brocal (antepecho) es una barrera en mampostería o concreto, construida de tal forma que encierre el área del transformador con sus respectivos radiadores y que pueda contener, mínimo, el 50% del aceite del transformador.

EDEQ S.A. E.S.P. se reserva el derecho de decir cuándo se utilizará foso o cuándo brocal alrededor del transformador.

4.1.5 Transformadores

Los transformadores a conectarse al sistema de EDEQ S.A. E.S.P. cumplirán, en un todo, con las disposiciones establecidas en el Artículo 17.10 del RETIE, y las Normas:

NTC-380: “Transformadores eléctricos. Ensayos eléctricos. Generalidades”

NTC-818: “Transformadores monofásicos autorrefrigerados y sumergidos en liquido. Corriente sin carga. Pérdidas y tensión de cortocircuito”

NTC-819: “Electrotecnia. Transformadores trifásicos autorrefrigerados y sumergidos en liquido. Corriente sin carga, pérdidas y tensión de cortocircuito”

NTC-3654: “Transformadores de potencia tipo seco”

La capacidad nominal de los transformadores de distribución, se fijará a partir de la demanda diversificada de la carga en cuestión y ésta deberá ser igual o mayor al 80%.

Transformadores sumergidos en aceite con aislamiento en aceite de uso interior, deberán ir en una bóveda que sea resistente al fuego durante tres horas o más; las bóvedas deberán cumplir lo dispuesto en la Sección 450 Parte C de la NTC 2050.

	EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.			NORMA EDEQ
	SUBESTACIONES (CAPÍTULO 4)			
Elaboró: Convenio EDEQ-UTP	Revisó:	Aprobó:	Fecha: Febrero de 2009	

Los equipos de maniobra y protección deberán ubicarse en un local independiente, el cual no requiere ser resistente al fuego, salvo que se utilicen equipos aislados con aceite.

No se podrán instalar transformadores sumergidos en aceite por encima del primer piso de la edificación; en caso de instalarse, deberán ser transformadores secos.

Transformadores secos de potencia hasta 112.5 kVA deberán estar separados 0.3 m de cualquier material combustible y podrán alojarse en celda metálica, salvo lo especificado en la NTC 2050 Sección 450-21 a).

Transformadores secos de potencia mayor a 112.5 kVA deberán ir en una bóveda que sea resistente al fuego al menos durante 1 hora, con excepción de lo especificado en la NTC 2050 Sección 450-21 b).

De acuerdo al tipo de aislamiento del transformador y a las características del local, los equipos de maniobra y protección se podrán alojar en el mismo local o en un local independiente. Transformadores sumergido en aceite, ubicados en subestaciones industriales a 33 kV, con local independiente que no ofrezca riesgo de incendio a edificaciones contiguas, no requieren bóveda y los equipos de maniobra, medida y protección se podrán alojar en el mismo local o en local independiente.

La NTC 2050, Sección 450-3 a), establece que todos los transformadores de más de 600 voltios, deberán tener dispositivos de protección de sobrecorriente en primario y secundario, de corriente nominal o ajuste de disparo tal como se consigna en la Tabla 4.2 extractada de la Tabla 450-3.a).1)

Tabla 4.2 Protección sobrecorriente de transformadores mayores a 600 V

 La energía de nuestra gente	EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.			NORMA EDEQ
	SUBESTACIONES (CAPÍTULO 4)			
Elaboró: Convenio EDEQ-UTP	Revisó:	Aprobó:	Fecha: Febrero de 2009	

Corriente nominal máxima del dispositivo de protección contra sobrecorrientes (porcentaje)				
Impedancia nominal del transformador	Primario	Secundario		
	De más de 600 V	De más de 600 V		Hasta 600 V
	Corriente nominal del fusible	Ajuste del interruptor automático	Corriente nominal del fusible	Ajuste del interruptor automático ó corriente nominal del fusible
Hasta 6%	300%	300%	250%	125%
Entre 6 y 10%	300%	250%	225%	125%

En la Tabla 4.3 se resumen las características que deberán tener los dispositivos de maniobra y protección en las subestaciones del área de influencia de EDEQ S.A. E.S.P.

Tabla 4.3 Equipo de maniobra y protección en media tensión

Descripción	Unidad	Cortacircuito primario		DPS		Seccionador bajo carga e interruptor (uso exterior)		Seccionador bajo carga (uso interior)	
		13.2	33	10	30	13.2	33	13.2	33
Tensión de operación	kV	13.2	33	10	30	13.2	33	13.2	33
Tensión nominal	kV	15	36	15	36	15	36	15	36
Corriente nominal	A	100	100	-	-	400	400 ¹	400	400
Nivel básico de aislamiento BIL	kV	110	200	110	195	110	200	95	150
Tensión sostenida 1 minuto, 60 Hz	kV	36	70	36	70	36	70	34	70
Corriente de corto circuito simétrica	kA	-	-	-	-	-	-	-	-
Corriente de corto circuito asimétrica	kA	12.5	12.5	-	-	12.5	12.5	12.5	12.5
Capacidad nominal de descarga	kA	-	-	10	10	-	-	-	-
Tensión máxima de cebado	kV	-	-	68	121	-	-	-	-

¹. En las subestaciones de 2.5 MVA a 10 MVA la corriente nominal deberá ser de 630 A

	EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.			NORMA EDEQ
	SUBESTACIONES (CAPÍTULO 4)			
Elaboró: Convenio EDEQ-UTP	Revisó:	Aprobó:	Fecha: Febrero de 2009	

No se aceptarán transformadores que empleen askarel, pyranol, o cualquier otra denominación del PCB (*Polychlorinated biphenyl*) como medio refrigerante.

4.2 SUBESTACIONES A 33 kV

4.2.1 Generalidades

Las subestaciones de distribución a 33 kV, generalmente, alimentan cargas iguales o superiores a 0.5 MVA y pueden tener las siguientes relaciones de transformación de acuerdo a las necesidades del usuario:

33 kV / 13.2 kV
33 kV / 440 / 277 V
33 kV / 208 / 120 V

Las subestaciones serán ser de tipo interior o exterior, dependiendo de la clase de alimentador, de la disponibilidad del espacio en predios del usuario y de las disposiciones de desarrollo urbano de la zona.

4.2.2 Subestaciones Industriales

Las subestaciones industriales pueden ser de tipo interior o exterior, con acometida aérea o subterránea.

La potencia y número de transformadores dependen de las características de la carga y de las necesidades del usuario. Las relaciones de transformación más corrientes son: 33 kV/13.2 kV, 33 kV/440 V.

 La energía de nuestra gente	EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.			NORMA EDEQ
	SUBESTACIONES (CAPÍTULO 4)			
Elaboró: Convenio EDEQ-UTP	Revisó:	Aprobó:	Fecha: Febrero de 2009	

Las potencias normalizadas para transformadores en subestaciones industriales, se muestran en la Tabla 4.4.

Tabla 4.4 Potencias nominales de transformadores a 33 kV

33 kV/440 V (kVA)	33 KV/13.2 kV (kVA)
225	500
300	630
400	750
500	800
630	1 000
800	1 250
1 000	1 600
1 250	2 000
-----	2 500

4.2.2.1 Características del Transformador

El transformador será trifásico, a prueba de intemperie, autorrefrigerado; su tipo de conexión: ΔY_5 , con el neutro conectado sólidamente a tierra.

Los transformadores a instalar, para ser aprobados por parte de EDEQ S.A. E.S.P., tendrán protocolo de pruebas de rutina según la NTC-380 y la IEC-76; cumplirán, además, las Normas ANSI C57.12.00 y la NTC 819.

Los transformadores estarán equipados con:

- Termómetro con contactos de alarma y disparo para temperatura de aceite
- Indicador de nivel con contacto

Los transformadores de capacidad mayor a 1 MVA y menores o iguales a 2.5 MVA, serán construidos con cámara de expansión ó colchón de aire (tipo sellado). Los de colchón de aire estarán equipados, adicionalmente, con válvula de sobrepresión y

 La energía de nuestra gente	EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.			NORMA EDEQ
	SUBESTACIONES (CAPÍTULO 4)			
Elaboró: Convenio EDEQ-UTP	Revisó:	Aprobó:	Fecha: Febrero de 2009	

medidor de presión sin contactos y los de tanque de expansión con válvula de sobrepresión, relé Buchholz y filtro de sílica gel.

En subestaciones tipo exterior, el transformador o transformadores se instalarán en el patio; en subestaciones tipo interior, se pueden localizar en el exterior con encerramiento en malla o muro o en el interior de la edificación, en bóveda, cumpliendo con todas las disposiciones contempladas en la NTC 2050 Sección 450 C: “Subestaciones en Bóveda”.

4.2.2.2 Equipo de Medida

Los transformadores de corriente y potencial a instalar deberán ser tipo interior; en subestaciones exteriores deberán alojarse en celdas tipo intemperie, con puerta de acceso afuera del patio de conexiones o en los pórticos si los equipos son para intemperie.

En caso de utilizar transformadores de corriente para cumplir funciones de medida y protección, estos deberán tener núcleos separados.

La clase de precisión de los transformadores de corriente y potencial, será establecida de acuerdo con los consumos de energía de la instalación. Con base en el numeral A.2.1 del anexo CM-1 del Código de medida. Los transformadores de corriente deberán ser de clase 0.5S y los de potencial clase 0.5, de acuerdo con el Código de Medida.

El medidor a instalar será electrónico multirango con tarjeta de perfil de carga, 5 amperios, clase 0.5 y conectado a un módem telefónico externo.

	EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.			NORMA EDEQ
	SUBESTACIONES (CAPÍTULO 4)			
Elaboró: Convenio EDEQ-UTP	Revisó:	Aprobó:	Fecha: Febrero de 2009	

Se utilizará sistema de medición de dos elementos. El cableado de los secundarios de los transformadores de corriente y los de potencial será cable tipo ST. El cableado, sin empalmes, desde los transformadores de medición hasta el medidor no deberá ser interrumpido en cámaras de paso y se efectuará en cable de cobre No.12 AWG para nivel de tensión I y cable de cobre No.10 AWG para niveles de tensión II y III. Las señales de tensión y de corriente se llevarán por tubos independientes hasta el medidor.

Los medidores de energía se instalarán en un armario tipo intemperie y se accederá a ellos por la parte inferior, rematando la llegada en coraza y conector certificados. La caja irá adosada a la estructura propia de la subestación a una altura en la cual se garantice que el visor del medidor quede a 1.80 m, como máximo.

4.2.2.3 Equipo de Protección y Maniobra

Para protección contra sobretensiones se deberán instalar descargadores de sobretensión (DPS's) en las estructuras de llegada y salida (transición) de líneas aéreas de media tensión. Si la subestación se alimenta por cables subterráneos, se deberá instalar un juego de descargadores adicional en el tanque del transformador cuando la red subterránea tenga una longitud mayor o igual a 30 m. La tensión nominal de los descargadores de sobretensión deberá ser 30 kV, tensión máxima de operación continua MCOV 24.4 kV, corriente nominal de descarga a onda 8/20 μ s de 10 kA y cumplir con las Normas IEC 99.4 y ANSI C.62.11.

El sistema de apantallamiento de la subestación seguirá los lineamientos de la NTC 4552: "Protección contra Descargas Eléctricas Atmosféricas" o la Norma que la reemplace o se encuentre vigente al momento de presentar los diseños.

	EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.			NORMA EDEQ
	SUBESTACIONES (CAPÍTULO 4)			
Elaboró: Convenio EDEQ-UTP	Revisó:	Aprobó:	Fecha: Febrero de 2009	

Para la protección de los transformadores de menos de 1MVA, en el devanado primario se instalarán cortacircuitos con hilo fusible, seleccionados adecuadamente en el diseño respectivo. Para cargas especiales, que soliciten altas corrientes durante un tiempo corto (arranque de motores), deberá tenerse en cuenta este aspecto en la selección del fusible.

Para la protección primaria de transformadores entre 1 MVA y 2 MVA, además de los cortacircuitos con fusible, se utilizará una bobina de disparo operada por las señales de relé Buchholz o del termómetro con contactos, que opere el mecanismo del seccionador trifásico.

En la protección de transformadores mayores a 2 MVA se utilizarán reconectores o interruptores que operen con señales de sobrecorriente de línea, relé diferencial y de protecciones mecánicas.

4.2.2.4 Malla de Tierra

Para subestaciones de 33 kV la resistencia de puesta a tierra deberá, en lo posible, ser menor o igual a 5 ohmios ($R_{\text{malla}} \leq 5 \Omega$). El diseñador de la subestación deberá, mediante cálculos ampliamente reconocidos, determinar que las tensiones de paso, contacto y transferidas máximas que puede soportar una persona, no superen los máximos tolerables (umbral de soportabilidad).

En subestaciones tipo exterior se conectarán a la malla de tierra: los DPS, el tanque del transformador, el neutro, los cables de guardia, el apantallamiento, las crucetas, los tableros, bastidores de equipos, los elementos metálicos no portadores de corriente y el cerramiento en malla. La malla de tierra deberá abarcar toda el área

 La energía de nuestra gente	EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.			NORMA EDEQ
	SUBESTACIONES (CAPÍTULO 4)			
Elaboró: Convenio EDEQ-UTP	Revisó:	Aprobó:	Fecha: Febrero de 2009	

ocupada por los pórticos y equipos hasta la malla de cerramiento; se recomienda que toda esta zona esté cubierta con gravilla de tamaño mediano.

En subestaciones tipo interior a la malla de tierra se conectarán: los DPS en el caso que se hayan instalado, el tanque del transformador, el neutro, las pantallas de los cables y terminales premoldeados, las bandejas portacables, el apantallamiento de la edificación, las celdas y tableros, la estructura de la edificación y, en general, todos los elementos metálicos no portadores de corriente.

El conductor del electrodo de puesta a tierra, en media tensión, se determina con base en la ecuación adoptada de la norma ANSI/IEEE 80 que trae el RETIE:

$$A_{\text{mm}^2} = \frac{I K_f \sqrt{t_c}}{1.9737}$$

En donde:

A_{mm^2} = sección del conductor en mm^2

I = corriente de falla a tierra, suministrada por el OR (r m s en kA)

K_f = constante de Tabla “Constantes de Materiales” (RETIE)

t_c = tiempo de despeje de la falla a tierra, s

En baja tensión, el conductor del electrodo de puesta a tierra se fijará según la Tabla 250 94 de la NTC 2050.

4.2.2.5 Cerramiento

En subestaciones tipo exterior el cerramiento se hará en malla eslabonada de paso 5 cm, construida en alambre galvanizado calibre No.10 y tendrá una altura mínima de 2.5 m. La distancia del cerramiento a las partes energizadas expuestas no será inferior a la especificada en el Capítulo 5 del RETIE. Para el acceso a la subestación

	EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.			NORMA EDEQ
	SUBESTACIONES (CAPÍTULO 4)			
Elaboró: Convenio EDEQ-UTP	Revisó:	Aprobó:	Fecha: Febrero de 2009	

se deberá dejar una puerta de 2 m de ancha, con dos alas abatibles hacia afuera y aseguradas al marco mediante tres bisagras; la cerradura de la puerta será con chapa.

Sobre la malla de cerramiento y puerta de acceso, se colocarán avisos de “Peligro-Alta Tensión” en placas de fondo amarillo y letras negras. Además, se ubicará un rótulo de identificación de la subestación que contenga: nombre, capacidad y relación de transformación.

4.2.2.6 Iluminación

En subestaciones tipo interior el nivel de iluminación mínimo exigido a nivel del suelo, será de 300 luxes. En subestaciones tipo exterior, la iluminación del patio se hará utilizando luminarias de sodio de alta presión, debidamente certificadas, conservando las distancias de seguridad de las partes energizadas.

4.2.3 Subestaciones Reductoras 33 kV /13.2 kV

EDEQ S.A. E.S.P. utiliza redes de subtransmisión a 33 kV que alimentan subestaciones ubicadas en centros de carga (poblaciones medianas y pequeñas), las cuales permiten, mediante circuitos primarios a 13.2 kV, alimentar la población cercana a esos centros.

Las capacidades normalizadas de los transformadores de potencia serán: 0.5 MVA, 1 MVA, 2MVA, 2.5 MVA, 5 MVA y 10 MVA. En la disposición física de los equipos, en el patio de la subestación, se preverá la instalación de dos módulos, preferiblemente, de igual capacidad. Cuando se instale un solo módulo de transformación en la etapa inicial, deberá dejarse el espacio para la futura ampliación.

	EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.			NORMA EDEQ
	SUBESTACIONES (CAPÍTULO 4)			
Elaboró: Convenio EDEQ-UTP	Revisó:	Aprobó:	Fecha: Febrero de 2009	

Las subestaciones se clasifican en tres tipos, de acuerdo a la capacidad instalada y al equipo de protección y maniobra:

1. De 0.5 MVA a 2 MVA con reconectadores
2. De 2.5 MVA a 10 MVA con celdas
3. De 2.5 MVA a 10 MVA con reconectadores

Para subestaciones cercanas a sectores poblados, las salidas y/o las entradas de circuitos deberán canalizarse, hasta o desde un sitio localizado a una distancia no menor de 100 m, medidos desde la subestación.

En subestaciones con potencias entre 2.5 MVA y 10 MVA, los relés a utilizar serán:

- **Relé de sobrecorriente (50/51), (50N/51N).** Los relés de sobrecorriente deben ser trifásicos con detección de corriente monofásica y no direccionales, deben tener un elemento instantáneo ajustable con un tiempo de disparo que no exceda 0.05 s para una corriente de 2 veces el valor del ajuste. Los equipos de protección deben ser del tipo digital, denominados IED (*Intelligent Electronic Device*). La unidad temporizada debe ser multicurva con características múltiples de tiempo-corriente, con variados rangos de ajuste del tiempo de disparo, el cual debe ser como mínimo de 0.2 s a 4 s, con corrientes hasta 5 veces el valor de ajuste. Los rangos mínimos de ajuste de la corriente son:
 - Relé de fase: Unidad Instantánea 10 A-100 A; Unidad Temporizada 4 A-16 A
 - Relé de tierra: Unidad Instantánea 2 A-50 A; Unidad Temporizada 0,5 A-4 A

	EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.			NORMA EDEQ
	SUBESTACIONES (CAPÍTULO 4)			
Elaboró: Convenio EDEQ-UTP	Revisó:	Aprobó:	Fecha: Febrero de 2009	



Los relés deben tener acceso vía software, de tal manera que permita realizar su gestión remotamente y realizarle seguimiento y cambio de parámetros de ajuste rápidamente o desde un centro de control.

Los contactos de apertura que permiten dar vía al disparo de los interruptores de potencia o elementos de apertura de los equipos protegidos, deben ser de 10 amperios, como mínimo.

- **Relé para Protección Diferencial (87T).** Debe ser de estado sólido, alta velocidad, trifásico con restricción de armónicos, adecuado para protección de transformadores de dos devanados. Soportará dos veces la corriente nominal permanentemente, y veinte veces la corriente nominal durante tres segundos. Este relé puede ser del tipo de diferencia de corriente; su sensibilidad debe ser ajustable hasta un 30% para abarcar y manejar el cambio del $\pm 10\%$ en el cambiador de derivaciones y un 5% de desbalance en el transformador de corriente.
- **Relé de Disparo y Bloqueo (86).** Puede ser del tipo electromecánico y energizarse cuando operen los relés principales de protección; deberá alimentarse mediante una fuente de 125 Vcc. Se usa como un relé auxiliar para controlar el disparo y bloqueo del interruptor; tendrá un mínimo de dieciséis contactos y, además, se intercambiará fácilmente su función lógica de normalmente abierto a normalmente cerrado y viceversa. La posición del relé debe indicarse mediante una bandera mecánica y el tiempo de operación no debe ser mayor de 10 ms. Su reposición será manual, si bien no se podrá operar manualmente. Todos los relés de protección, disparo, alarmas y supervisión que

	EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.			NORMA EDEQ
	SUBESTACIONES (CAPÍTULO 4)			
Elaboró: Convenio EDEQ-UTP	Revisó:	Aprobó:	Fecha: Febrero de 2009	

permitan identificar la condición, tipo y/o fase fallada, deberán estar provistos de indicadores de operación de reposición manual. Los indicadores de operación tendrán las siguientes características: deben diseñarse para que no funcionen antes de que el relé haya completado su operación; serán completamente visibles desde el frente del respectivo tablero, cuando el relé opere y sólo bajo esta condición; se podrán reponer sin abrir la caja y no será posible operarlo cuando se esté reponiendo el indicador de posición. Estarán contenidos en cajas tipo extraíble, para montaje a ras con tapas de vidrio. El sistema de auxiliares de corriente alterna se alimentará de un transformador de 13 200 V/ 208 V/120 V.

4.2.3.1 Especificaciones de Subestaciones de 0.5 MVA hasta 2 MVA

Se caracterizan porque la protección primaria del transformador y la de los alimentadores primarios a 13.2 kV, se hace mediante reconectores, con configuraciones que permiten terminal a 33 kV ó entrada y salida de líneas de 33 kV.

En los pórticos de llegada y salida de líneas de 33 kV se colocarán seccionadores tripolares, con cuchillas de puesta a tierra de 36 kV y 400 A y descargadores de sobretensión de 30 kV y 10 kA.

En el devanado primario del transformador, seccionadores monoplares de barraje de 400 A y 36 kV y, aguas abajo, reconector de 400 A, con transformadores de corriente incorporados y los DPS's. En el devanado de 13.2 kV, se instalarán seccionadores monoplares de 400 A, 15 kV antes del barraje y antes y después del reconector.

	EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.			NORMA EDEQ
	SUBESTACIONES (CAPÍTULO 4)			
Elaboró: Convenio EDEQ-UTP	Revisó:	Aprobó:	Fecha: Febrero de 2009	

La forma de operar el reconectador y la energización del transformador debe obedecer a un manual de operación debidamente aprobado por EDEQ S.A. E.S.P.

4.2.3.2 Especificaciones de Subestaciones de 2.5 MVA a 10 MVA con Celdas

Estas subestaciones constan de un patio de conexiones y una caseta, donde se alojarán: las celdas de distribución de 13.2 kV, los dispositivos de protección, control y medida de los equipos de potencia ubicados en el patio de 33 kV y todo lo relacionado con servicios auxiliares de corriente alterna y continua.

En el patio se instalarán:

- Seccionadores trifásicos¹ de 33 kV, 600 A, 12 kA y BIL 200 kV
¹Nota: Debe adicionarse cuchilla de puesta a tierra con enclavamiento mecánico, mando común de operación manual con pértiga o brazo actuador que indique claramente la posición de funcionamiento (abierto o cerrado). Se deberá instalar un sistema de bloqueo que impida el cierre del seccionador cuando el interruptor este cerrado.
- Descargadores de sobretensión, tipo estación de 30 kV y 10 kA
- Transformador o transformadores trifásicos de potencia uso intemperie
- Interruptor de potencia²: tensión nominal 33 kV, tensión máxima 36 kV, corriente nominal 630 A, corriente de cortocircuito 12 kA, aislamiento interno BIL de 170 kV, aislamiento externo BIL de 200 kV, tiempo de interrupción 3 ciclos
²Nota: La extinción del arco deberá ser en vacío o SF₆, el mecanismo de operación del interruptor deberá ser del tipo energía almacenada de operación motor-resorte. El interruptor incluirá contador de operaciones, mecanismo manual para apertura y cierre, y una estructura mecánica para su montaje en patio.
- Transformadores de corriente para intemperie, relación 150/100/50:5-5A; debidamente certificados. Transformadores de potencial tipo intemperie, relación $33\ 000 / \sqrt{3}$ V – $120 / \sqrt{3}$ V, debidamente certificados.

	EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.			NORMA EDEQ
	SUBESTACIONES (CAPÍTULO 4)			
Elaboró: Convenio EDEQ-UTP	Revisó:	Aprobó:	Fecha: Febrero de 2009	



Todo el equipo de patio a 33 kV, antes descrito, dependiendo de las particularidades del proyecto, podrá ser construido para instalación tipo interior, en celdas encapsuladas en SF₆ con interruptores en vacío, con conexiones de cables tipo frente muerto, con cárcamos de suficiente espacio para manipular cables a 36 kV, y realizar mantenimientos e inspecciones de rutina.

En el lado secundario (13.2 kV) se instalarán celdas capsuladas del tipo metal-clad, con medio de asilamiento aire, con interruptor de potencia y equipo para control, medida y maniobra. Cada barraje principal deberá tener una capacidad de corriente de 800 A ó 1200 A para módulos de entrada o generales, y 630 A para salidas de circuitos, sin exceder las elevaciones de temperatura permisibles; así mismo, soportará térmica y mecánicamente una corriente de cortocircuito de mínimo 12 kA. El barraje estará soportado por aisladores de 15 kV y cubierto por un tipo de aislamiento resistente al calor, de alta resistencia eléctrica y de acción retardante al fuego. Cada celda deberá tener un barraje de puesta a tierra al cual se conectarán todos los paneles, pantallas de cable de media tensión, estructuras, soportes de cable y partes metálicas no portadoras de corriente; el barraje tendrá una sección transversal no inferior a la cuarta parte del área de cada conductor del barraje principal.

Las celdas son de tres tipos: entrada, salida y unión de barras.

A) Celda de entrada

Fabricación metálica (*metal clad*), para uso interior con BIL de 110 kV, altura máxima de 2.5 m, profundidad 2.3 m y ancho 1 m. Será apta para alojar un interruptor de potencia de 15 kV, tipo extraíble con medio de extinción de arco en gas SF₆ ó vacío. EDEQ S.A. E.S.P. no permite la utilización de interruptores con medio de extinción

	EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.			NORMA EDEQ
	SUBESTACIONES (CAPÍTULO 4)			
Elaboró: Convenio EDEQ-UTP	Revisó:	Aprobó:	Fecha: Febrero de 2009	

en aceite y aire. La capacidad de corriente permanente 630 A y de cortocircuito simétrico 12 kA. Recibirá un cable de calibre 4/0 AWG o mayor de acuerdo a la potencia instalada y aislamiento al 133% en XLPE clase 15 kV. Esta celda debe ir pintada de color amarillo intenso para diferenciarla claramente de las otras.

Equipo de la celda de entrada que incluye control, medida y protección:

- Tres transformadores de corriente, uno para cada fase, cada uno con un devanado primario de dos derivaciones y dos devanados secundarios independientes los cuales serán utilizados así: uno para medida y otro para protección. El devanado secundario para medida será de 5 A, 20VA y clase 1. El devanado secundario para protección debe ser de 5 A, 20 VA y clase 10P20. El devanado primario debe tener dos *taps* o derivaciones, una para 300 A y otra para 600 A, los cuales se utilizarán de acuerdo con la capacidad del transformador instalado o carga que se vaya a alimentar
- **Relé de sobrecorriente (50/51), (50N/51N).** Los relés de sobrecorriente deben ser trifásicos con detección de corriente monofásica y no direccionales; deben tener un elemento instantáneo ajustable con un tiempo de disparo que no exceda 0.05 s para una corriente de 2 veces el valor del ajuste. Los equipos de protección deben ser del tipo digital, denominados IED (*Intelligent Electronic Device*). La unidad temporizada debe ser multicurva con características múltiples de tiempo-corriente, con variados rangos de ajuste del tiempo de disparo, el cual debe ser como mínimo de 0.2 s a 4 s, con corrientes hasta 5 veces el valor de ajuste. Los rangos mínimos de ajuste de la corriente son:

Relé de fase: Unidad Instantánea 10 A-100 A; Unidad Temporizada 4 A-16 A

Relé de tierra: Unidad Instantánea 2 A-50 A; Unidad Temporizada 0,5 A-4 A

	EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.			NORMA EDEQ
	SUBESTACIONES (CAPÍTULO 4)			
Elaboró: Convenio EDEQ-UTP	Revisó:	Aprobó:	Fecha: Febrero de 2009	



Con relación a los relés, EDEQ S.A. E.S.P. aceptará el uso de los de última generación (multicurva, etc.) cuando estos estén debidamente certificados.

Adicional a lo anterior, la celda de entrada deberá estar equipada con:

- Tres amperímetros digitales
- Un voltímetro trifásico digital
- Un medidor multirango electrónico digital
- Un contacto conmutable de control manual del interruptor de potencia
- Un equipo registrador con software que permita llevar a un centro de gestión las maniobras de los equipos y así llevar el control de la continuidad y calidad del servicio
- EDEQ S.A. E.S.P. podrá aceptar equipos digitales que permitan llevar el control, el registro y supervisión de la protección y la medida integralmente. Los equipos deben poseer certificado RETIE

B) Celda de salida o Circuito

La celda de salida será metálica (*metal clad*) para uso interior, con BIL de 110 kV, altura máxima de 2.5 m, profundidad 2.3 m y ancho 1 m. Alojará un interruptor de potencia de 15 kV, tipo extraíble, con medio de extinción de arco en gas SF₆ o vacío. EDEQ no permite la utilización de interruptores con medio de extinción en aceite y aire. La capacidad nominal de corriente 630 A y de cortocircuito simétrico mínimo de 12 kA. Recibirá cable 4/0 AWG, aislamiento tipo XLPE a 133%, clase 15 kV. El siguiente es el equipo de la celda de salida que incluye control, medida y protección:

- Tres transformadores de corriente, uno para cada fase, cada uno con dos núcleos secundarios de 20 VA, relación 400-200/5/5A o de acuerdo a la potencia del

	EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.			NORMA EDEQ
	SUBESTACIONES (CAPÍTULO 4)			
Elaboró: Convenio EDEQ-UTP	Revisó:	Aprobó:	Fecha: Febrero de 2009	

circuito, pero tomando en consideración que se podrá transferir carga de un circuito a otro; uno para protección con precisión 10P20 y el otro para medida con precisión 1

- Un relé multifuncional digital, multicurva, con unidades de ajuste y disparo para sobrecorrientes temporizadas de fase (51) y neutro (51N) y unidades de disparo instantáneo en fases (50) y neutro (50N)
- Cada unidad instantánea tendrá un rango de ajuste de 10 A-100 A; la unidad temporizada tendrá un rango de 4 A-16 A y característica tiempo vs corriente extremadamente inversa, o la que se defina en la coordinación de protecciones del proyecto
- La unidad de sobrecorriente de tierra (50N/51N) con unidad instantánea de rango 2 A-50 A, unidad temporizada de rango 0.5 A-4 A y característica tiempo vs corriente extremadamente inversa, o la que se defina en la coordinación de protecciones del proyecto
- Un relé de recierre (79) de hasta cuatro (4) operaciones. El primer recierre debe ser instantáneo, el segundo debe ajustarse para tiempos entre 0 y 3 minutos. El tercero y cuarto hasta 5 y 10 minutos. El relé tendrá indicación visual de operación y un interruptor conmutable para eliminar o accionar el recierre
- Tres amperímetros digitales
- Un voltímetro trifásico digital
- Un medidor multirango digital
- Un contacto conmutable de control manual del interruptor de potencia

C) Celda de unión barras

La celda de unión de barras presentará características similares a las de entrada y salida; en lugar de interruptor de potencia tendrá un seccionador trifásico, con

	EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.			NORMA EDEQ
	SUBESTACIONES (CAPÍTULO 4)			
Elaboró: Convenio EDEQ-UTP	Revisó:	Aprobó:	Fecha: Febrero de 2009	

enclavamiento mecánico y eléctrico con los interruptores de potencia de la o las celdas de entrada, ya que el seccionador opera en condición normalmente abierta. El seccionador trifásico de 15 kV tendrá una capacidad nominal de corriente de 630 A y capacidad de cortocircuito mínimo de 12 kA, con mecanismo de operación manual mediante el uso de palanca. En su parte frontal, la celda llevará todos los equipos necesarios para el monitoreo del primario a 33 kV. El siguiente es el equipo de la celda de unión de barras para control, medida y protección:

- Seis transformadores de potencial, relación $13.2/\sqrt{3}$ kV: 115 V, clase de precisión 0.5, 25 VA
- Dos voltímetros electrónicos o digitales, con llave selectora, para uso con transformador de potencial
- Dos relés trifásicos del tipo IED con unidades multicurva para sobrecorriente, conectados a los transformadores de corriente tipo columna de 33 kV y relación 100-50/5 A
- Dos relés para sobrecorriente de tierra (50N/51N) con unidad instantánea conectada a los transformadores de corriente, para medir corrientes de tierra de los transformadores de 33/13.2 kV, con relación 75-50/5 A
- Dos relés diferenciales de protección de transformadores (87T)
- Dos relés de disparo y bloqueo (86)
- Dos interruptores conmutables de control manual del interruptor de potencia, de 33 kV
- Un voltímetro que utiliza la señal de los transformadores de potencial, con una relación de transformación $33\ 000/\sqrt{3}$ V-120 V

 La energía de nuestra gente	EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.			NORMA EDEQ
	SUBESTACIONES (CAPÍTULO 4)			
Elaboró: Convenio EDEQ-UTP	Revisó:	Aprobó:	Fecha: Febrero de 2009	

4.2.3.3 Especificaciones de Subestaciones de 2.5 MVA a 10 MVA con Reconectador

Este tipo de subestación se caracteriza por tener en el lado de media tensión (13.2 kV), reconectores como medio de corte y protección de los alimentadores.

La subestación se compone del patio de conexiones donde se encuentra el barraje de 33 kV y de media tensión 13.2 kV con sus equipos asociados y una caseta de control donde se alojan los tableros de control, medida y protección de 33 kV, además de los sistemas auxiliares de corriente continua y alterna.

De acuerdo con el nivel de confiabilidad, que determine el diseñador y las necesidades de la carga, se pueden tener una subestación con un único transformador de potencia y por lo tanto con único barraje en el lado de 13,2 kV; o una subestación con dos transformadores de potencia de idénticas características, previendo que cada uno de ellos asuma en cualquier momento la carga total del sistema, conservando el criterio de potencia firme. Cada transformador tendrá un barraje independiente en el lado de media tensión (13.2 kV) y un seccionador de unión de barras tipo intemperie que, en condiciones normales, permanece abierto y sólo se cierra cuando uno de los transformadores sale de servicio y se requiere transferir carga al otro barraje.

En el lado de 33 kV se instalará un interruptor de potencia con características similares al utilizado en la subestación con celdas y en el lado de media tensión (13.2 kV); a la entrada del barraje y a la salida de los alimentadores se instalarán reconectores para su corte y protección.

 La energía de nuestra gente	EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.			NORMA EDEQ
	SUBESTACIONES (CAPÍTULO 4)			
Elaboró: Convenio EDEQ-UTP	Revisó:	Aprobó:	Fecha: Febrero de 2009	

Los equipos utilizados en el lado de media tensión tendrán las características que, a continuación, se fijan para cada uno.

4.2.3.3.1 Reconectadores

Son tipo intemperie de operación trifásica, tensión nominal 13.2 kV, tensión máxima 15 kV, corriente 600 A, corriente de cortocircuito 12 kA y BIL de 110 kV y cumplirán normas de reconocimiento internacional como:

- ANSI/IEEE C37.60 “*American National Standard Requirements for Overhead Padmounted, Dry Vault and Submersible Automatic Circuit-Reclosers and Fault Interrupters for Alternating Current Systems*”, en la versión más reciente
- ANSI/IEEE C37.61 “*IEEE Standard Guide for Application Operation, and Maintenance of Automatic Circuit Reclosers*”, en la versión más reciente
- ANSI/IEEE C37.90, “*IEEE Standard for Relays and Relay Systems Associated with Electric Power Apparatus*”, en la versión más reciente
- O la Norma NTC que le aplique, y demostrar su cumplimiento mediante certificado de conformidad con dicha norma

Sus características serán:

- Número de operaciones de recierre: 2 rápidas, 2 lentas o a criterio de la coordinación de protecciones
- Deberán ser totalmente automáticos, tener indicador de posición que indique claramente si el elemento está cerrado o abierto

	EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.			NORMA EDEQ
	SUBESTACIONES (CAPÍTULO 4)			
Elaboró: Convenio EDEQ-UTP	Revisó:	Aprobó:	Fecha: Febrero de 2009	

- Deberán estar equipados con dispositivos que permitan efectuar el cierre o la apertura manual mientras esté energizado o desenergizado
- Podrán operarse mediante mando remoto, ya sea que la orden provenga en forma manual por mando del operador o por los relés de la protección de la subestación
- Tendrán un gabinete tipo intemperie para alojar el mecanismo de operación, los elementos de control, protección y medida
- Las curvas de operación instantáneas y temporizadas deberán ser de características inversa o muy inversa; deberá disponerse de un dispositivo que permita calibrar las curvas mediante mandos en el control electrónico y, para esto, debe tener por lo menos ocho (8) posibles curvas de cada tipo al realizar la calibración
- Las corrientes nominales y/o las de ajuste de mínima falla (fase-fase, fase-tierra) a ser detectadas por el reconectador, se podrán cambiar en el gabinete de control
- El reconectador para alimentadores debe tener incorporado dos TC's: uno con relación 150/75: 5A, 20 VA, 10P20 para protección y otro externo, para medida, con relación 150/75: 5A, 20 VA, clase 1.0
- El reconectador de protección del barraje de M.T. presentará las mismas características del reconectador de protección de los alimentadores de M.T., excepto que los TC's deberán tener una relación 300/150: 5 A.
- Se debe disponer de una fuente alterna de corriente alterna que permita alimentar el sistema de UPS propio del control del reconectador, es decir un transformador de potencial 13.2 kV-7.6 kV/120 V, de por lo menos 150 VA

4.2.3.3.2 Transformadores de Potencial

 La energía de nuestra gente	EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.			NORMA EDEQ
	SUBESTACIONES (CAPÍTULO 4)			
Elaboró: Convenio EDEQ-UTP	Revisó:	Aprobó:	Fecha: Febrero de 2009	

Se instalarán tres transformadores de potencial, cada uno con un núcleo y con relación $13.2 / \sqrt{3}$ kV – $120 / \sqrt{3}$ V, Clase 0.5, *Burden* 25 VA, tipo intemperie; por cada módulo de transformación.

4.2.3.3.3 Transformadores de Corriente

Se instalarán tres transformadores de corriente con dos núcleos secundarios, uno para medida y otro para protección, tipo intemperie; el núcleo de protección deberá tener una relación 600/300: 5 A, 20 VA, clase 10P20, y el núcleo de medida deberá tener una relación 600/300: 5 A, 25 VA, clase 0.5, por módulo de transformación.

4.2.3.3.4. Seccionadores a 13.2 kV

Habrán tres seccionadores monopolares tipo intemperie por salida, cada uno de 400 A, BIL 110 kV, y corriente de cortocircuito de 12 kA.

4.2.3.3.5 Caseta de Control

La caseta de control tendrá dos espacios diferentes: en el uno se alojarán el banco de baterías y, en el otro, el cargador de baterías y los tableros de control; el primero tendrá una dimensión mínima de 5 m × 4 m y el segundo de 4 m × 2 m, ambos de 3 m de altura, como mínimo.

Las paredes de la caseta se construirán en ladrillo prensado, el piso en placa de concreto y la cubierta en concreto de 12 cm de espesor mínimo.

4.2.3.3.6 Tablero de control

Se dispondrá de un tablero por módulo de transformación que se construirá en lámina *Cold Rolled* calibre 14 BWG, como mínimo; será dúplex con espacio de

	EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.			NORMA EDEQ
	SUBESTACIONES (CAPÍTULO 4)			
Elaboró: Convenio EDEQ-UTP	Revisó:	Aprobó:	Fecha: Febrero de 2009	



separación entre el panel frontal y el posterior. El tablero deberá, además, estar provisto de bornes terminales para circuitos de control y los accesorios indispensables para la instalación de los relés e instrumentos de medida.

La siguiente es la lista de los elementos que debe contener el tablero de control:

Panel frontal:

- A. Equipo Integrado, digital para el control, supervisión y monitoreo de cada equipo de potencia que está en el patio de conexiones
- B. Mímico unifilar que represente la disposición y conexión de la subestación
- C. Elementos luminosos que permitan indicar el estado de posición de los equipos de potencia
- D. Elementos de advertencia de alarmas, del tipo sonoro
- E. Borneras de prueba para inyección de corriente y potencial
- F. Manijas, chapas y llaves que permitan abrir y cerrar con seguridad el panel

Panel posterior

- A. En caso que alguna de las bahías o campo sea para uso exclusivo comercial, se debe instalar el equipo de medida
- B. Equipo de comunicación para permitir el enlace con el centro de control y así realizar la gestión remota de la subestación
- C. Cableados y elementos de interfase, para realizar el control y supervisión
- D. Manijas, chapas y llaves que permitan abrir y cerrar con seguridad el panel

La forma de operar el reconectador y la energización del transformador debe obedecer a un manual de operación debidamente aprobado por EDEQ S.A. E.S.P.

	EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.			NORMA EDEQ
	SUBESTACIONES (CAPÍTULO 4)			
Elaboró: Convenio EDEQ-UTP	Revisó:	Aprobó:	Fecha: Febrero de 2009	



El constructor colocará en consideración un esquema de coordinación de protecciones de acuerdo con los parámetros operativos que EDEQ S.A. E.S.P. le indique.

La energización de la subestación en todo momento será supervisada y controlada por EDEQ S.A. E.S.P.

En un lugar especial, separado de las celdas debe existir una copia de todos los planos y manuales de los equipos instalados en la subestación. En el área que indique EDEQ S.A. E.S.P se entregará una copia de estos documentos. Su actualización obedecerá al procedimiento que EDEQ S.A. E.S.P tenga en su momento.

4.3 SUBESTACIONES A 13.2 kV

Cuando las cargas a instalar sean mayores a 30 kVA y menores a 500 kVA, se requiere, para su alimentación, el montaje de un transformador con tensión primaria de 13.2 kV, salvo que EDEQ S.A. E.S.P considere lo contrario. De acuerdo a las características de la carga a servir y las condiciones propias de la edificación, su instalación será exterior o interior y puede ser alimentada por líneas aéreas o cables subterráneos, pero siempre obedeciendo los lineamientos del plan de ordenamiento del respectivo municipio.

Todas las subestaciones dispondrán de un espacio apropiado, facilidad de acceso, adecuada ventilación y una iluminación que permita el retiro, mantenimiento y operación segura de los equipos. Así mismo cumplirán con el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE y las Secciones 110 y 450 de la NTC 2050.

	EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.			NORMA EDEQ
	SUBESTACIONES (CAPÍTULO 4)			
Elaboró: Convenio EDEQ-UTP	Revisó:	Aprobó:	Fecha: Febrero de 2009	



De acuerdo con su forma de instalación las subestaciones pueden ser de tipo exterior o de tipo interior (capsulada).

Las de tipo exterior serán tipo poste o de patio; para estas subestaciones exteriores se aceptará que el seccionamiento se ejecute con cortacircuitos primarios (cajas primarias) y fusibles.

4.3.1 Subestaciones Tipo Poste

Se podrán montar transformadores en poste, siempre y cuando el plan de ordenamiento territorial del municipio (PORTE) o cualquier otro organismo que regule el desarrollo urbano del municipio, lo permita.

Los transformadores instalados en poste, no se ubicarán en las esquinas de las vías, y deberán cumplir con todas las distancias establecidas en el Artículo del RETIE: “Distancias de Seguridad”.

Los transformadores particulares instalados en poste, se deberán ubicar en el andén ó zona verde perteneciente a la edificación a servir y en lo posible en el paramento de la edificación.

Los transformadores menores o iguales a 112.5 kVA y con un peso inferior a 600 kgf, se podrán instalar en un solo poste si éste presente una carga mínima de rotura de 510 kgf; igualmente se podrá aceptar la instalación de transformadores de potencia superior a 112.5 kVA y menor o igual a 150 kVA con pesos menores a 700 kgf en un solo poste, si la carga mínima de rotura no es menor a 750 kgf. Los transformadores de capacidades superiores a 150 kVA y hasta 250 kVA deberán montarse en estructuras tipo H con camilla.

	EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.			NORMA EDEQ
	SUBESTACIONES (CAPÍTULO 4)			
Elaboró: Convenio EDEQ-UTP	Revisó:	Aprobó:	Fecha: Febrero de 2009	



Los transformadores que sólo requieran de un poste para su montaje, se sujetarán con collarín de platina de $\frac{3}{8}$ " y con tornillos de carruaje de $\frac{3}{4}$ ". EDEQ S.A. E.S.P. exigirá, si así lo considera, una repisa complementaria para soportar el peso del transformador.

Las repisas se construirán en ángulo de hierro galvanizado de $3" \times \frac{1}{4}"$ como mínimo, sujetas al poste sobre transversales horizontales en el mismo perfil, fijadas a aquél con collarines y centradas mediante diagonales en ángulo de $\frac{3}{16}" \times 1"$. La repisa poseerá, a su vez, diagonales en ángulo de hierro no inferior a $\frac{1}{4}" \times 2"$, fijado con tornillería de $\frac{5}{8}" \times 2"$ a aquélla y con collarín al poste. Siempre que el transformador deba ser instalado sobre repisa, se sujetará a su vez con collarines al poste.

Las camillas para el soporte de transformadores, se construirán en ángulo de hierro galvanizado de $3" \times \frac{1}{4}"$ formando perfil en "U". La camilla se unirá al poste mediante transversales en "U" construidas en ángulo de hierro de $3" \times \frac{1}{4}"$ y sujetadas mediante collarines (9"-10") por ambos lados del poste.

Los transformadores se sujetarán por su base a las camillas o repisas empleando tornillos de máquina de $\frac{1}{2}" \times 2"$, haciendo uso de las perforaciones que para tal fin poseen ellas.

Los postes de concreto utilizados para el montaje de transformadores, deberán cumplir la NTC-1329, deberán tener certificado de conformidad de producto y cumplir con lo dispuesto en el RETIE respecto a "Subestaciones Tipo Poste", Capítulo V.

Bajo ninguna circunstancia se permite el uso de transformadores monofásicos a 7620 V, con retorno por tierra para el primario.

	EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.			NORMA EDEQ
	SUBESTACIONES (CAPÍTULO 4)			
Elaboró: Convenio EDEQ-UTP	Revisó:	Aprobó:	Fecha: Febrero de 2009	

Todo montaje de transformador en poste requiere protección primaria contra sobrecorriente y sobretensión. La protección contra sobrecorriente se hará mediante cortacircuitos primarios, con fusible, cuya capacidad debe estar de acuerdo con la del transformador y el nivel de cortocircuito que se tenga en el punto de conexión del mismo. La máxima capacidad de corriente de los fusibles para protección de los transformadores se muestra en la Tabla 4.7

Para el montaje de los cortacircuitos primarios, se utilizarán crucetas metálicas en ángulo de hierro, galvanizado, de 3" x 3" x ¼" de 2.3 m.

Los dispositivos de protección contra sobretensión (DPS's), deberán estar ubicados sobre la carcasa del transformador, la línea de alimentación deberá conectarse primero a los descargadores y posteriormente al buje primario del transformador. En ningún caso se manipulará la tapa del transformador para fijar los descargadores.

Todo transformador instalado en poste requiere de una puesta a tierra; a ésta se deberán conectar: el tanque del transformador, el punto neutro del transformador, los DPS's, las crucetas y herrajes utilizados; la bajante de puesta a tierra se conducirá por el interior del poste y se hará en los materiales contemplados en la Tabla 24 del RETIE: "Constantes de Materiales" y aceptados por EDEQ S.A. E.S.P quién definirá el calibre mínimo de acuerdo al material; los electrodos serán de cobre de 5/8" de diámetro y 2.4 m mínimo de longitud. El número de electrodos y contrapesos dependerá de la resistencia de puesta a tierra medida y cuyo valor no deberá ser mayor al especificado en la Tabla del RETIE: "Valores de Referencia para Resistencias de Puesta a Tierra". El Artículo del RETIE: "Puesta a Tierra", fija los criterios mínimos exigidos para las subestaciones en poste a instalar dentro del

	EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.			NORMA EDEQ
	SUBESTACIONES (CAPÍTULO 4)			
Elaboró: Convenio EDEQ-UTP	Revisó:	Aprobó:	Fecha: Febrero de 2009	

sistema de EDEQ S.A. E.S.P. En instalaciones de uso final con subestación tipo poste el diseño de la puesta a tierra puede simplificarse, pero deberán tenerse en cuenta los parámetros de resistividad del terreno, corrientes de falla que se puedan presentar y los tipos de cargas a instalar. En todo caso se deben controlar las tensiones de paso y contacto.

4.3.2 Subestaciones en Patio

La subestación tipo patio, frecuentemente encontrada en industrias y otro tipo de establecimientos, cuando por razones de seguridad o espacio interior, la subestación se deba localizar en el exterior y su capacidad (kVA) no es adecuada para montarla en poste.

La relación de transformación más común es 13.2 kV/440 V/254 V y 13.2 kV/208 V/120 V, con capacidades de transformación entre 0 y 500 kVA. Se caracterizan por su cerramiento en malla o muro para evitar la entrada de personas o animales, dado que hay elementos que están expuestos y energizados. Sobre este cerramiento se colocarán avisos de advertencia del peligro de sobrepasar estas barreras de seguridad. Para el acceso a la subestación se deberá disponer de una puerta de dos metros de ancho con dos alas que abran hacia fuera y cerradura de llave. Para el cierre de las puertas no se podrá utilizar cadena con candado.

Por seguridad de las personas, la altura mínima de la malla o muro de cerramiento será de 2.5 m y la distancia mínima de seguridad de la malla a las partes expuestas energizadas será de 3.1 m; según RETIE Tabla: "Distancias de Seguridad para Prevenir Contactos Directos en Subestaciones Exteriores".

 La energía de nuestra gente	EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.			NORMA EDEQ
	SUBESTACIONES (CAPÍTULO 4)			
Elaboró: Convenio EDEQ-UTP	Revisó:	Aprobó:	Fecha: Febrero de 2009	

Se debe diseñar una malla de puesta a tierra con resistencia, en lo posible, menor o igual a 10 ohmios ($R_{\text{malla}} \leq 10 \Omega$). El cumplimiento de estos valores de resistencia de puesta a tierra no libera al diseñador y constructor de garantizar que las tensiones de paso, contacto y transferidas aplicadas al ser humano en caso de una falla a tierra no superen las máximas permitidas.

En subestaciones tipo exterior se conectarán a la malla de tierra: los DPS's, el tanque del transformador, el neutro, los cables de guardia, el apantallamiento, las crucetas, los tableros, los bastidores de equipos, los elementos metálicos no portadores de corriente y el cerramiento en malla. La malla de tierra deberá abarcar toda el área ocupada por los pórticos y equipos y se extenderá hasta la malla de cerramiento. El área delimitada por la malla deberá ser cubierta con gravilla de tamaño medio.

La llegada a la subestación se hará mediante red aérea o red subterránea. A la llegada se debe disponer de un pórtico o poste de concreto de 12 m o estructura metálica, que permita instalar el sistema de protección primaria consistente en un juego de cortacircuitos clase 15 kV, 100 A, con fusible tipo expulsión y capacidad de corriente máxima seleccionada de acuerdo a la NTC 2050 Tabla 6.7; así como un juego de DPS's, localizado lo más cerca posible a los bujes primarios del transformador. Si el mismo pórtico es utilizado como salida, la altura de los postes deberá aumentarse a 14 m.

De acuerdo a las condiciones del usuario, EDEQ S.A. E.S.P., determinará si la medida se realiza en media o en baja tensión.

 La energía de nuestra gente	EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.			NORMA EDEQ
	SUBESTACIONES (CAPÍTULO 4)			
Elaboró: Convenio EDEQ-UTP	Revisó:	Aprobó:	Fecha: Febrero de 2009	

Cuando la medida se haga en media tensión, la clase de precisión de los transformadores de corriente y potencial será establecida de acuerdo con los consumos de energía de la instalación; con base en el numeral A.2.1 del Anexo CM-1 del Código de Medida.

Las celdas de protección y medida de baja tensión se localizarán, en lo posible, dentro de la edificación, lo más cerca que se pueda del transformador, en un cuarto con acceso sólo para personal calificado. La red secundaria será subterránea y cumplirá todos los requerimientos del Capítulo 3 “Redes Subterráneas” de la Norma EDEQ S.A. E.S.P.

4.3.3 Subestaciones Tipo Pedestal

Se utilizan en conjuntos cerrados y urbanizaciones a la intemperie, se localizarán en zonas verdes y jardines y, también en edificios, bajo techo. Las subestaciones tipo pedestal deberán cumplir las disposiciones de la NTC 2050 Artículo 450-27 y las Normas:

- NTC 3997: “Transformadores de Distribución Trifásicos tipo Pedestal, Autorrefrigerados”
- NTC 5074: “Transformadores de Distribución Monofásicos tipo Pedestal, Autorrefrigerados”

Cuando se instalan en zonas verdes y jardines, su ubicación será tal que permita el acceso con grúa o montacargas.

La subestación tipo pedestal está conformada por dos gabinetes independientes tipo intemperie, en uno de los cuales se localiza el transformador, con protección interna

	EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.			NORMA EDEQ
	SUBESTACIONES (CAPÍTULO 4)			
Elaboró: Convenio EDEQ-UTP	Revisó:	Aprobó:	Fecha: Febrero de 2009	



contra sobrecarga y cortocircuito y, en el otro, el seccionador de maniobra con terminales de media tensión tipo codo. Estos gabinetes traen puerta con cerradura independiente, para evitar el acceso de las personas a las partes activas. Este tipo de subestaciones es conocido como de frente muerto, exteriormente no presenta peligro de contacto eléctrico.

A la entrada y la salida de la subestación se utilizarán terminales premoldeados tipo codo de 600 A cuando el calibre del conductor sea 336.4 kcmil ó 4/0 AWG; y codos de 200 A para cables de calibres 2/0 AWG o menores. Los terminales deberán tener punto de prueba, para comprobar la ausencia de tensión.

Las subestaciones pedestal deberán ser fabricadas en lámina *Cold Rolled* en calibre mínimo No.12 BWG. Para el tanque del transformador en subestaciones hasta de 150 kVA, el calibre mínimo será No.12 BWG y para transformadores mayores el calibre de la lámina será No.10 BWG. Estas subestaciones se instalarán sobre una base de concreto, con una cámara de inspección al frente de ella que tendrá compartimientos independientes para media y baja tensión, si la instalación es a la intemperie.

En las subestaciones tipo pedestal, cuando en condiciones normales de operación se prevea que la temperatura exterior del cubículo supere en 45 °C la temperatura ambiente, debe instalarse una barrera de protección para evitar quemaduras y, además, colocar avisos que indiquen la existencia de una “superficie caliente”. Si el transformador posee una protección que garantice el corte o desenergización cuando exista una sobretemperatura, quedará eximido de dicha barrera.

	EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.			NORMA EDEQ
	SUBESTACIONES (CAPÍTULO 4)			
Elaboró: Convenio EDEQ-UTP	Revisó:	Aprobó:	Fecha: Febrero de 2009	

Las distancias que se dejarán libres alrededor de una subestación pedestal cuando no requiera barrera de protección serán:

- Por los costados: 1 m
- Por la parte posterior: 1 m
- Por la parte frontal: 3 m
- A puertas o ventanas de edificaciones: 2 m
- A escaleras: 4 m

El sistema de protección en media tensión del transformador pedestal, está conformado por un fusible de expulsión tipo bayoneta en serie con un fusible limitador de corriente y, en baja tensión, por un interruptor termomagnético tripolar, seleccionado de acuerdo a la capacidad nominal de corriente y a la corriente de corto circuito además de un relé de disparo tripolar para corrientes mayores a 200 A.

Para la homologación de las subestaciones tipo pedestal, el fabricante deberá presentar a EDEQ S.A. E.S.P. las curvas de coordinación de protecciones de la subestación, teniendo en cuenta las características del fusible bayoneta, el fusible limitador de corriente utilizado, la impedancia del transformador, y la característica del interruptor automático, con el fin de tener en cuenta esa coordinación en el funcionamiento de la subestación.

El fusible limitador de corriente es un fusible de respaldo, y deberá ser coordinado para operar sólo en caso de fallas internas del transformador.

La Tabla 4.5 permite la selección de los fusibles de media tensión para estos transformadores.

	EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.			NORMA EDEQ
	SUBESTACIONES (CAPÍTULO 4)			
Elaboró: Convenio EDEQ-UTP	Revisó:	Aprobó:	Fecha: Febrero de 2009	

Tabla 4.5 Fusibles de media tensión transformadores pedestal

Transformador (kVA)	Fusibles	
	Bayoneta (A)	Limitador (A)
45	10	40
75	10	40
112.5	15	50
150	15	50
225	25	80
300	25	80
400	40	100
500	40	100

Para la protección del transformador contra sobretensiones, EDEQ S.A. E.S.P., podrá exigir el montaje de DPS's tipo codo, de acuerdo a la ubicación de la subestación.

La subestación pedestal presentará, por razones de seguridad, frente muerto en el compartimiento de media tensión; es por eso por lo que los terminales de cables y las conexiones exteriores deberán hacerse utilizando elementos preformados. Los elementos preformados tipo codo tendrán un punto de prueba para identificar fases y verificar ausencia de tensión.

En el exterior del gabinete del seccionador de maniobra deberán fijarse avisos de señal de prevención de peligro.

La malla de tierra de la subestación cumplirá lo dispuesto en esta Norma respecto a subestaciones. A dicha malla se deberán conectar: las partes metálicas de la subestación que no transporten corriente y estén descubiertas, el neutro del

 La energía de nuestra gente	EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.			NORMA EDEQ
	SUBESTACIONES (CAPÍTULO 4)			
Elaboró: Convenio EDEQ-UTP	Revisó:	Aprobó:	Fecha: Febrero de 2009	

transformador, las pantallas de los cables de media tensión y los DPS's en caso de utilizarse.

4.3.4 Subestación Interior Capsulada

De uso frecuente en edificios localizados en los centros urbanos y en urbanizaciones de estratos 5 y 6 donde, por disposiciones contenidas en los planes de ordenamiento territorial, se prohíba el uso de subestaciones tipo exterior.

Se caracterizan porque el transformador debe estar ubicado dentro de la edificación, lo mismo que el equipo de protección, maniobra y demás elementos que permitan hacer uso seguro de la energía. Dependiendo del tipo de transformador a utilizar, la subestación puede estar localizada a nivel del primer piso, por debajo de éste o por encima.

Los locales donde se instalen transformadores deberán cumplir las disposiciones de la NTC 2050, Secciones 110 y 450. Este tipo de subestación recibe el nombre de capsulada, dado que sus equipos de protección, corte, medida, baja tensión y, en algunos casos, el transformador, se instalan en celdas metálicas.

Para su ubicación por encima del primer piso se requiere el uso de un transformador seco; en el primer piso o por debajo de él, se podrá utilizar transformador sumergido en aceite o seco.

Estas subestaciones deberán estar ubicadas en el área común de la edificación, ser de fácil acceso, estar cerca de la entrada de la edificación y en una zona adecuadamente ventilada.

 La energía de nuestra gente	EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.			NORMA EDEQ
	SUBESTACIONES (CAPÍTULO 4)			
Elaboró: Convenio EDEQ-UTP	Revisó:	Aprobó:	Fecha: Febrero de 2009	

4.3.4.1. Local de la Subestación

Los locales ubicados en sótanos y semisótanos de edificios, con el techo debajo de antejardines y con paredes que limiten con muros de contención deberán ser impermeabilizados para evitar la humedad y la oxidación de las partes metálicas.

El local de la subestación no servirá como sitio de almacenamiento. Cerca al local de la subestación no se podrá almacenar combustibles.

Se prohíbe la ubicación de subestaciones en áreas clasificadas, donde pueda existir peligro de fuego o explosión. Para mayor claridad, EDEQ S.A. E.S.P. adopta la NTC 2050, Artículos 500 a 517.

Se permite que en garajes de estacionamiento o almacenaje en los cuales no se realizan reparaciones, excepto el cambio de piezas y mantenimiento de rutina que no requieran el uso de equipo eléctrico, llama abierta, o el uso de líquidos volátiles inflamables, no sean clasificados como lugares peligrosos; pero deberán estar debidamente ventilados para evacuar los gases de escape de los motores. Para una mayor ilustración, se debe consultar el Artículo 511-2 de la NTC 2050.

El piso de la subestación se hará fundiendo una losa de concreto; para el montaje del transformador y de las celdas, en lo posible, se construirán bases también en concreto con pernos de anclaje para asegurar las celdas y para evitar que éstas queden en contacto con el piso. Es conveniente colocar sobre el concreto un piso que presente una alta resistividad para así lograr disminuir las tensiones de paso y contacto a las cuales pueden estar sometidas las personas. Los cárcamos, igualmente, serán en concreto lo mismo que el foso de aceite en caso de ser requerido.

	EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.			NORMA EDEQ
	SUBESTACIONES (CAPÍTULO 4)			
Elaboró: Convenio EDEQ-UTP	Revisó:	Aprobó:	Fecha: Febrero de 2009	

Dentro del local de la subestación no se deberán construir cámaras de inspección eléctrica; en su lugar, se deberán construir cárcamos, para la instalación de los conductores eléctricos tanto de media como de baja tensión.

Donde los cables de media y baja tensión crucen las paredes de la bóveda, se utilizarán barreras o sellantes cortafuego, de tal forma que se impida el paso del fuego o el aceite del transformador que pueda haberse filtrado del tanque. Para transformadores secos abiertos clase H o encapsulados en resina clase F, no se requerirá el uso de estas barreras.

La altura del local será mínimo de 2.0 m, con puertas de acceso suficiente mente amplias para entrar y sacar las celdas y el transformador. Por el local no deberán entrar o cruzar ductos o tuberías ajenas a la instalación eléctrica, tales como acueducto, alcantarillado, gas, etc.

4.3.4.2 Iluminación

El local de la subestación requiere un nivel de iluminación (Iluminancia) mínimo de 300 luxes a nivel del piso. En lo posible el control de iluminación se localizará fuera del local, pero próximo a su puerta de acceso.

Toda subestación contará con iluminación de emergencia con baterías y cargador, para una autonomía mínima de 90 minutos.

4.3.4.3 Acceso y Espacio de Trabajo

La puerta de la celda del transformador, en lo posible, deberá quedar al frente de la puerta del local y separada de aquella 1.5 m. Si no se puede colocar la puerta del

	EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.			NORMA EDEQ
	SUBESTACIONES (CAPÍTULO 4)			
Elaboró: Convenio EDEQ-UTP	Revisó:	Aprobó:	Fecha: Febrero de 2009	

local al frente de la de la celda del transformador, se dejará una distancia libre de 2 m entre la puerta de la celda y el cerramiento de la subestación. La anterior distancia podrá ser reducida a 0.6 m cuando se utilicen transformadores secos (clase H ó F) o tipo pedestal, siempre y cuando la puerta del local de la subestación cubra todo el frente del local. Para transformadores en aceite, en bóveda, se podrán dejar los mismos 0.6 m si el ancho de la puerta cortafuego de la bóveda, es igual al ancho de la puerta del local.

Si las celdas no son accesibles por su parte posterior para montar equipos o para efectuar reposición de piezas, aquéllas podrán recostarse a los muros del local, dejando una luz entre las paredes de la celda y los muros del local de 5 cm.

Cuando se necesite acceso para trabajar en partes desenergizadas colocadas en la parte posterior de equipos encerrados, se dejará un espacio horizontal mínimo de 75 cm.

Transformadores secos o de alto punto de ignición pueden alojarse en celdas metálicas y ubicarse en el mismo local donde se alojan las celdas de entrada, protección y medida.

La norma NTC 2050 en su Artículo 110-16, establece los espacios alrededor de los equipos para tensiones menores a 600 V, y en el artículo 110-34 se fijan los espacios de trabajo para tensiones mayores a 600 V. Dichas distancias aparecen resumidas en la Tabla 4.1.

4.3.4.4 Celdas

 La energía de nuestra gente	EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.			NORMA EDEQ
	SUBESTACIONES (CAPÍTULO 4)			
Elaboró: Convenio EDEQ-UTP	Revisó:	Aprobó:	Fecha: Febrero de 2009	



El fabricante de las celdas deberá entregar certificado de conformidad de producto de acuerdo a los requerimientos del RETIE. Las celdas pueden ser fabricadas en lamina doblada o perfiles angulares, siempre y cuando los ángulos de acero sean mínimo de $1\frac{1}{2}'' \times 1\frac{1}{2}'' \times \frac{3}{16}''$, recubiertos con lámina calibre 16 BWG o mayor; o fabricada, en su totalidad, con lámina calibre 16 BWG con sus respectivos dobleces para asegurar su estabilidad. Toda los tornillos y tuercas serán galvanizados o iridizados.

La celda de entrada y protección deberá estar provista de un soporte que permita fijar la palanca de accionamiento del seccionador en su parte frontal; el grado de protección de la celda será IP4X de acuerdo a la Tabla 1 de la IEC 298, con protección de entrada de objetos sólidos mayores a 1mm.

La celda de protección dispondrá sobre la puerta, de una ventana de inspección 20 cm \times 35 cm como mínimo, con los extremos redondeados, que permita la inspección interna de la celda. Ésta llevará un vidrio de seguridad con un espesor mínimo de 5 mm, fijado mediante empaques de caucho de forma tal que no puedan ser retirados por el frente de la celda. La celda dispondrá de iluminación interior accionada por un interruptor alojado en el frente de la celda.

La puerta de la celda del seccionador abrirá hacia afuera en un ángulo nunca inferior a 90°, será en lámina *Cold Rolled* calibre 16 BWG, siempre y cuando los dobleces sean hechos en U y estén dotados de refuerzos adecuados que le den estabilidad y seguridad; su cierre y ajuste será de tal forma que la puerta quede asegurada como mínimo en tres puntos (superior, central, inferior) y se proveerá de una cerradura central en su parte frontal.

	EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.			NORMA EDEQ
	SUBESTACIONES (CAPÍTULO 4)			
Elaboró: Convenio EDEQ-UTP	Revisó:	Aprobó:	Fecha: Febrero de 2009	



La puerta será de una sola hoja y se soportará en bisagras fabricadas en materiales inoxidables o en acero con recubrimiento electrolítico o galvanizadas en caliente, las cuales será imposible desmontar desde el exterior de la celda, cuando ésta se encuentre cerrada.

La puerta del seccionador tendrá enclavamiento mecánico el cual deberá impedir la apertura de la puerta cuando el seccionador se encuentre cerrado; el enclavamiento será lo suficientemente resistente para soportar, sin daño, una operación indebida con esfuerzos normales.

Las dimensiones de la celda serán escogidas conservando las distancias mínimas establecidas en la NTC 2050.

En cada celda (seccionador, transformador y medida) se instalará un bombillo de 40 W, 120 V que servirá como luz de inspección y revisión de conexiones. Se hará a través de tubería metálica y alambre de cobre aislado AWG No. 12 THHN de 90 °C. Así mismo se instalará un rotulo, indicando la función de cada una (seccionador, medida, transferencia, baja tensión, etc.), el nivel de tensión, el nivel de tensión, consecutivo dentro del cuarto de celdas, los cuales deben corresponder a lo indicado en los planos y diagramas de la subestación.

En un lugar especial, separado de las celdas debe existir una copia de todos los planos y manuales de los equipos instalados en la subestación. En el área que indique EDEQ S.A. E.S.P. se entregará una copia de estos documentos. Su actualización obedecerá al procedimiento que EDEQ S.A. E.S.P. establezca en su momento.

	EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.			NORMA EDEQ
	SUBESTACIONES (CAPÍTULO 4)			
Elaboró: Convenio EDEQ-UTP	Revisó:	Aprobó:	Fecha: Febrero de 2009	

4.3.4.5 Subestación con Transformador en Aceite

Subestaciones de tipo interior con aislamiento en aceite, sólo pueden ser localizadas a nivel de primer piso o pisos en niveles inferiores, el transformador debe ser instalado en una bóveda construida como se especifica en la NTC 2050 Sección 450 Parte C.

No se requiere bóveda cuando se instalen transformadores de menos de 600 V nominales, con capacidades menores o iguales a 10 kVA, en partes de edificaciones clasificadas como combustibles, siempre y cuando se tomen medidas de seguridad respecto al aceite del transformador, ó 75 kVA, si la estructura que rodea al transformador está clasificada como resistente al fuego.

Las bóvedas deberán estar ubicadas, en lo posible, en sitios que dispongan de ventilación natural; en caso contrario, se deben construir ductos a prueba de fuego y ventilación forzada.

Las paredes y los techos de las bóvedas deberán ser resistentes al fuego durante tres horas o más; los pisos que estén en contacto con la tierra deberán ser de concreto de 10 cm de espesor, pero si la bóveda está construida sobre una placa de concreto, ésta deberá ser resistente al fuego, mínimo, por tres horas. Adicionalmente, el piso deberá tener resistencia mecánica suficiente para soportar el peso del transformador.

Cuando la capacidad del transformador no exceda los 112.5 kVA, las paredes de la bóveda podrán construirse en concreto reforzado de 10 cm de espesor. Para capacidades mayores a 112.5 kVA, el espesor mínimo de las paredes en concreto

	EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.			NORMA EDEQ
	SUBESTACIONES (CAPÍTULO 4)			
Elaboró: Convenio EDEQ-UTP	Revisó:	Aprobó:	Fecha: Febrero de 2009	



reforzado, será de 15 cm, considerado como resistente al fuego durante tres o más horas, o en su defecto un muro de ladrillo recocido de 20 cm de espesor.

Cuando la bóveda del transformador disponga de rociadores automáticos de agua o elementos químicos para extinción de incendios, se permitirá que su construcción sea resistente al fuego durante 1 hora.

Cuando, por razones técnicas, no sea posible construir este foso, entonces la puerta de entrada a la bóveda deberá tener un brocal de altura suficiente para alojar el 50% del volumen de aceite contenido en el transformador.

La puerta de acceso a la bóveda desde el interior de la edificación, deberán ser de cierre hermético, con resistencia al fuego de mínimo durante tres horas, abrirse hacia afuera, estar dotadas de cerradura antipánico y garantizar que en caso de una salida rápida, esta se cierre por si sola (puerta cortafuego). Si la puerta de acceso a la subestación esta localizada por la parte exterior de la edificación y la ubicación de la subestación no ofrece riesgo de incendio a otra edificaciones, entonces la puerta de la bóveda no requiere ser cortafuego, en otros casos y a juicio de la autoridad competente se podrá exigir puerta.

Cuando la bóveda del transformador disponga de rociadores automáticos de agua o elementos químicos para extinción de incendios, se permitirá que la puerta sea resistente al fuego durante 1 hora.

La ventilación de la bóveda deberá estar lo más retirado posible de las puertas, ventanas, escaleras de incendio y material combustible.

	EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.			NORMA EDEQ
	SUBESTACIONES (CAPÍTULO 4)			
Elaboró: Convenio EDEQ-UTP	Revisó:	Aprobó:	Fecha: Febrero de 2009	

A las bóvedas de los transformadores no podrán entrar, ni las podrán cruzar, tuberías o canalizaciones de agua, alcantarillado, gas, presión, o cualquier otro tipo diferente a las eléctricas; sólo se permite la tubería de agua para los rociadores.

4.3.4.6. Subestación con Transformador Seco

Los transformadores secos podrán ser utilizados en instalaciones exteriores, siempre y cuando tengan un encerramiento a prueba de intemperie.

Los transformadores secos utilizados en instalaciones de tipo interior deberán cumplir las disposiciones de la NTC 2050 Artículo 450-21. Estos transformadores se instalarán en celdas metálicas que impidan la entrada de objetos extraños, la celda debe disponer de una puerta de acceso que impida el acceso de personas no autorizadas.

Las rejillas de ventilación de las celdas se construirán en forma tal que impidan introducir al compartimiento del transformador objetos o cuerpos mayores a ½” de diámetro. Igualmente en la parte inferior de la celda y en las paredes laterales y superior de la misma, cuando a través de ella entren o salgan los cables se dispondrá de elementos que impidan la entrada de animales y objetos extraños.

Los transformadores secos se deberán separar de las paredes de las celdas al menos 30 cm para facilitar la circulación del aire e, igualmente, deberán disponer de espacio suficiente respecto a las paredes de la celda, para efectuar los radios de curvatura de los conductores. Para determinar el área necesaria y la ubicación de las rejillas para la ventilación del transformador, se aplicará la NTC 250 Artículo 450-45.

 La energía de nuestra gente	EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.			NORMA EDEQ
	SUBESTACIONES (CAPÍTULO 4)			
Elaboró: Convenio EDEQ-UTP	Revisó:	Aprobó:	Fecha: Febrero de 2009	

Tabla 4.6 Clasificación de los transformadores secos

Temperatura del sistema de aislamiento		Incremento máximo de temperatura (K)
Temp. Máxima	Tipo de aislamiento	
105	A	60
120	E	75
130	B	80
155	F	100
180	H	126
200	N	135
220	C	150

La Tabla 4.6 ilustra la clasificación de los transformadores secos según la temperatura de aislamiento.

Bajo estas condiciones, se debe verificar si al transformador seco lo incluyen las excepciones de la Sección 450-21 de la NTC 2050 ó si, por el contrario, requieren la bóveda para su adecuada instalación.

4.3.4.6.1 Transformador hasta 112.5 kVA

Los transformadores secos instalados en interiores y con capacidad menor o igual a 112.5 kVA se instalarán dejando una distancia mínima de 30 cm a cualquier material combustible. Se exceptúan los transformadores que están separados del material combustible por una barrera resistente al fuego y al calor.

4.3.4.6.2 Transformador Mayor a 112.5 kVA

Los transformadores secos, de potencia mayor o igual a 112.5 kVA, con elevación de temperatura menor de 80 °C y tensión inferior a 35 kV, se ubicarán en cuartos de

 La energía de nuestra gente	EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.		
	SUBESTACIONES (CAPÍTULO 4)		
Elaboró: Convenio EDEQ-UTP	Revisó:	Aprobó:	Fecha: Febrero de 2009

transformadores con puerta resistente al fuego durante una hora. Transformadores secos, de potencia mayor o igual a 112.5 kVA, con elevación de temperatura mayor de 80 °C y tensión inferior a 35 kV, no requerirán puerta resistente al fuego siempre y cuando estén instalados en cabina o gabinete metálico (celda) con abertura de ventilación tal como se establece en NTC 2050, Sección 450.

4.3.5. Subestación Subterránea o de Cámara

Son subestaciones que se instalan debajo del nivel de los andenes en las vías públicas o debajo del nivel del piso en instalaciones particulares.

Los transformadores sumergibles deben cumplir la norma ANSI C57.12.24., sus potencias normalizadas son 75 kVA, 150 kVA, 225 kVA, 300 kVA, 500 kVA, 750 kVA, 1000 kVA, 1500 kVA, 2000 kVA y 2500 kVA. El tanque deberá ser fabricado de acero inoxidable tipo 304.

Su construcción requiere de una cámara subterránea para albergar el transformador y los equipos de protección y seccionamiento, los cuales deberán funcionar en condiciones de inundación, en algunos casos, al igual que en las subestaciones tipo pedestal, el equipo de protección y seccionamiento viene adosado al transformador.

Existen dos tipos de subestación subterránea:

- Parcialmente sumergibles, ocasionalmente pueden funcionar bajo condiciones de inundación en la cámara
- Sumergibles, pueden permanecer sumergidas durante largos periodos de tiempo

La subestación deberá ser de frente muerto, los bujes de conexión de alta y baja tensión y los fusibles internos, deberán estar localizados con acceso por la tapa

	EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.			NORMA EDEQ
	SUBESTACIONES (CAPÍTULO 4)			
Elaboró: Convenio EDEQ-UTP	Revisó:	Aprobó:	Fecha: Febrero de 2009	

superior, con el fin de conectarlos u operarlos sin entrar en la cámara, la conexión a los terminales de media tensión se realizará por medio de terminales premoldeados tipo codo, herméticos a la humedad y los bornes de baja tensión aislados.

Cuando el transformador y el seccionador sean independientes, irán en cámaras separadas, pero conectadas mediante un cárcamo o banco de ductos. El tablero general de acometidas y los armarios de medidores deberán ser localizados fuera de la cámara, en un local dentro del predio a alimentar.

Subestaciones sumergibles: tanto el transformador como los equipos asociados de maniobra deben ser este tipo IP X8.

Subestaciones semi-sumergibles o a prueba de inundación: el equipo debe estar protegido a una inmersión temporal IP X7 y la bóveda o cámara debe garantizar el drenaje en un tiempo menor al soportado por el equipo.

La cámara deberá estar conectada a la red de alcantarillado con el fin de facilitar el rápido drenaje de las aguas.

4.3.6 Sistema de Protecciones

Todos los transformadores alimentados de la red aérea a 13.2 kV dentro del área de influencia de EDEQ S.A. E.S.P. deberá estar protegida contra sobrecorrientes (cortacircuitos y/o seccionador) y contra sobretensiones (descargador de sobretensiones: DPS), debidamente seleccionados e instalados.

4.3.6.1 Descargadores de Sobretensión

	EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.		
	SUBESTACIONES (CAPÍTULO 4)		NORMA EDEQ
Elaboró: Convenio EDEQ-UTP	Revisó:	Aprobó:	Fecha: Febrero de 2009



Los DPS's o descargadores de sobretensión, se deberán ubicar lo más cerca posible de los bornes primarios del transformador a proteger, para ello en el tanque del transformador se deberán dejar provistos los soportes para su instalación. Una buena opción sería utilizar transformadores autoprotegidos.

Los descargadores de sobretensión para sistemas de 13.2 kV, tendrán las siguientes características:

- Sistemas trifásicos a 13.2 kV de tres hilos y monofásicos a 13.2 kV de 2 hilos, utilizarán DPS's de óxido de zinc, tipo polimérico para 12 kV y MCOV de 10.2 kV
- Sistemas trifásicos a 13.2 kV, con neutro y monofásicos a 13.2 kV, con neutro multiaterrizado se utilizarán DPS de óxido de zinc, tipo polimérico de 10 kV y MCOV de 8.4 kV
- BIL de 95 kV (para onda de 8/20 μ s)
- Capacidad de descarga 10 kA
- En subestaciones pedestal, cuando se requieran, serán tipo codo premoldeado de 15 kV, 5 kA

Los descargadores deberán ser construidos de acuerdo las Normas ANSI C62.11 y NEMA Publicación No. LA1 y deberán cumplir, como mínimo, las Normas:

- NTC-2166: "Descargadores de Sobretensiones de Resistencia Variable con Explosores para Redes de Corriente Alterna"
- NTC-4839: "Descargadores de Sobretensiones (Pararrayos) de Óxido Metálico sin Espaciadores (*Without Gaps*) para Sistemas de Corriente Alterna"
- NTC-4616: "Pararrayos. Recomendaciones para Selección y Uso"

	EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.			NORMA EDEQ
	SUBESTACIONES (CAPÍTULO 4)			
Elaboró: Convenio EDEQ-UTP	Revisó:	Aprobó:	Fecha: Febrero de 2009	

- NTC-2878: “Electrotecnia. Guía para la Selección de Pararrayos en Transformadores de Distribución”
- NTC-3328: “Coordinación de Aislamiento. Definiciones. Principios y Reglas”

Los descargadores de sobretensión se conectarán a tierra mediante un cable de cobre desnudo No.4 AWG, a uno o varios electrodos que cumplirán los requisitos enunciados en: “Electrodos de Puesta a Tierra” y consignados en la Tabla 23 del RETIE. En lo posible, la resistencia de la toma de tierra será menor o igual a los 10 Ω pero cuando, debido a las características del terreno, no fuera posible obtener ese valor, se admitirá un valor superior, siempre que se refuerce el aislamiento del apoyo. Sin embargo, cuando éste se sitúa en un lugar concurrido, se construirá una toma de tierra en forma de anillo cerrado, enterrado alrededor de la cimentación a 1 m de distancia de ella y a 0.5 m de profundidad. Al anillo se le conectarán, como mínimo, dos varillas de cobre electrolítico de $\frac{5}{8}$ " \times 2.40 m.

4.3.6.2 Cortacircuitos Primarios

Los cortacircuitos para protección contra sobrecorriente de transformadores en el sistema de 13.2 kV tendrán las siguientes características:

Operación:	Con pértiga
Tensión Nominal:	15 kV
Corriente Nominal:	100 A
Capacidad de interrupción:	Simétrica 10 kA
Frecuencia:	60 Hz
BIL:	95 kV
Ejecución:	Abierta, monopolar, de una sola operación

	EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.		
	SUBESTACIONES (CAPÍTULO 4)		NORMA EDEQ
Elaboró: Convenio EDEQ-UTP	Revisó:	Aprobó:	Fecha: Febrero de 2009

Instalación: Intemperie

La bajante de la línea primaria a los cortacircuitos para alimentar los transformadores de distribución se hará en alambre de cobre No.4 AWG.

Si, a juicio de EDEQ S.A. E.S.P., se requieren cortacircuitos de mayor capacidad a los especificados, estos serán de 200 A y estarán provistos de cámaras apagachispas. Las Normas y Guías mínimas que cumplirán los cortacircuitos primarios son:

- NTC-2132: “Ensayos de Diseño para Fusibles de Alta Tensión. Interruptores para Distribución Monopolares en Aire, Encapsulados, Interruptores Desconectores con Fusibles y Accesorios”
- NTC-2133: “Especificaciones para Fusibles Tipo Expulsión de Alta Tensión para Distribución, Cortacircuitos, Seccionadores de Fusible e Hilos”
- GTC 89: “Guía para la Aplicación, Operación y Mantenimiento de Fusibles de Alta Tensión. Interruptores al Aire Unipolares de Distribución Encapsulados, Seccionadores de Fusibles y Accesorios”
- NTC-3285: “Electrotecnia. Cortacircuitos y Fusibles de alta Tensión”
- NTC-3285-2: “Fusibles de Alta Tensión. Parte 2: Fusibles de Expulsión”

4.3.6.3 Fusibles para Cortacircuitos Primarios

El criterio de selección de fusibles (tipo H) para transformadores de distribución es la protección contra sobrecargas superiores al 20%. Los valores de los fusibles primarios recomendados que se utilizan en el sistema de distribución de 13.2 kV, de

	EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.			NORMA EDEQ
	SUBESTACIONES (CAPÍTULO 4)			
Elaboró: Convenio EDEQ-UTP	Revisó:	Aprobó:	Fecha: Febrero de 2009	

EDEQ S.A. E.S.P., para ser instalados en cortacircuitos primarios, se consignan en la Tabla 4.7.

Los fusibles cumplirán las Normas: ANSI C37.42, ANSI/IEEE C37.48 e IEC 282-2.

La norma NTC 532, establece el tiempo de operación del fusible para interrumpir la corriente, según la impedancia del transformador.

Tabla 4.7 Valores recomendados de fusibles en transformadores de distribución

Transformadores Monofásicos		Transformadores Trifásicos	
Capacidad kVA	Fusible Ref.	Capacidad kVA	Fusible Ref.
10	1.0	15	0.4
15	1.4	30	0.7
25	3.0	45	1.3
37.5	4.2	75	2.1
50	5.2	112.5	3.1
75*	7.8	150	3.5
100*	10.4	225	6.3
		300	7.8

* Transformadores de uso exclusivo de EDEQ S.A. E.S.P.

4.3.6.4 Seccionador de Operación Bajo Carga sin Fusibles

Se utiliza en subestaciones tipo interior, cuando la capacidad del transformador es menor a 75 kVA. El seccionador del circuito de entrada será de instalación tipo interior, alojado en celda metálica, de disparo tripolar y operación bajo carga.

 La energía de nuestra gente	EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.			NORMA EDEQ
	SUBESTACIONES (CAPÍTULO 4)			
Elaboró: Convenio EDEQ-UTP	Revisó:	Aprobó:	Fecha: Febrero de 2009	

El seccionador deberá cumplir con las normas:

- NTC-2131: “Seccionadores de alta tensión, seccionadores para tensiones nominales entre 1 kV y 52 kV”
- IEC-265-1
- IEC-694

El seccionador deberá tener las siguientes características:

- Tensión nominal 17.5 kV
- Tensión máxima de impulso BIL:
 - Entre fase y tierra 95 kV
 - Entre fases 110 kV
- Tensión máxima a frecuencia industrial durante un (1) minuto:
 - Entre fase y tierra 38 kV
 - Entre fases 45 kV
- Corriente nominal 630 A
- Frecuencia 60 Hz
- Capacidad de cortocircuito 12.5 kA
- Corriente de cierre en cortocircuito 31 kA
- Numero de operaciones con corriente nominal es de 100 para seccionadores de uso general (Norma ICONTEC 6949), 1.000 operaciones para el ensayo de resistencia mecánica (Numeral 6.102 Norma IEC 265-1)

Características adicionales del seccionador:

- Mecanismo de disparo que minimice el tiempo de apertura y cierre de los contactos del seccionador, independiente del operador

	EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.			NORMA EDEQ
	SUBESTACIONES (CAPÍTULO 4)			
Elaboró: Convenio EDEQ-UTP	Revisó:	Aprobó:	Fecha: Febrero de 2009	

- Operación manual por medio de la palanca de acceso frontal en el exterior de la celda
- El seccionador estará provisto de contactos principales de conexión y contactos fijos en una cámara extintora de arco
- El material de los contactos de interrupción será apto para proporcionar máxima duración por interrupción de cargas y cierre bajo fallas
- Distancia mínima entre fase y tierra de 19 cm

4.3.6.5 Seccionador de Operación Bajo Carga con Fusibles

Se utiliza en subestaciones tipo interior, cuando la capacidad del transformador es mayor a 75 kVA. El seccionador del circuito de entrada será de instalación tipo interior, alojado en celda metálica, de disparo tripolar, con fusibles HH y operación bajo carga.

El seccionador deberá cumplir con las normas:

- NTC-2131 “Seccionadores de alta tensión, seccionadores para tensiones nominales entre 1 kV y 52 kV”
- IEC 265-1
- IEC 694

El seccionador deberá tener las siguientes características:

- Tensión nominal 17.5 kV
- Tensión máxima de impulso BIL:
 - Entre fase y tierra 95 kV
 - Entre fases 110 kV
- Tensión máxima a frecuencia industrial durante un (1) minuto:

	EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.			NORMA EDEQ
	SUBESTACIONES (CAPÍTULO 4)			
Elaboró: Convenio EDEQ-UTP	Revisó:	Aprobó:	Fecha: Febrero de 2009	

Entre fase y tierra 38 kV

Entre fases 45 kV

- Corriente nominal 630 A
- Frecuencia 60 Hz
- Capacidad de cortocircuito 12.5 kA
- Corriente de cierre en cortocircuito 31 kA

Características adicionales del seccionador con fusible:

- Disparo libre
- Mecanismo de operación de energía almacenada, independiente del operador
- Operación manual por medio de la palanca de acceso frontal en el exterior de la celda
- El seccionador estará provisto de contactos principales de conexión y contactos fijos en una cámara extintora de arco
- El material de los contactos de interrupción será apto para proporcionar máxima duración por interrupción de cargas y cierre bajo fallas

6.4 MALLA DE TIERRA

El RETIE establece que los sistemas de puesta a tierra deben cumplir los criterios establecidos en el Capítulo II, Artículo 15.

El diseñador de una subestación, salvo la subestación tipo poste, deberá comprobar mediante el empleo de un procedimiento de cálculo, reconocido por la práctica de la ingeniería vigente, que los valores máximos de las tensiones de paso, de contacto y

	EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.			NORMA EDEQ
	SUBESTACIONES (CAPÍTULO 4)			
Elaboró: Convenio EDEQ-UTP	Revisó:	Aprobó:	Fecha: Febrero de 2009	

transferidas a que puedan estar sometidos los seres humanos, no superen las tensiones por encima del umbral de soportabilidad.

En todas las subestaciones se deberán calcular las tensiones de paso, contacto y transferidas; para ello, el operador de red deberá entregar a los diseñadores, el valor de la máxima corriente de falla a tierra esperada en el nodo respectivo.

Dado que la resistencia de puesta a tierra es un indicador que limita directamente la máxima elevación de potencial y controla las tensiones transferidas, pueden tomarse como referencia los valores máximos de resistencia de puesta a tierra adoptados por el RETIE (Artículo 15, Numeral 4) de las Normas: IEC 60364-4-442 y ANSI/IEEE 80, y que se ilustran en la Tabla 4.8 de esta Norma, extractada del RETIE.

El tipo de configuración de la malla de tierra será definido por el área, la resistividad del terreno, el control de tensiones máximas tolerables, de paso, toque y transferida, y el valor de resistencia mínimo a cumplir.

Tabla 4.8 Valores de referencia de puesta a tierra

Aplicación	Valores máximos de puesta a tierra
Estructuras de líneas de transmisión (y metálicas o con cable de guarda de distribución)	20 Ω
Subestaciones de alta y extra alta tensión	1 Ω
Subestación de media tensión	10 Ω
Protección contra rayo	10 Ω

Requisitos de la puesta a tierra:

 La energía de nuestra gente	EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.			NORMA EDEQ
	SUBESTACIONES (CAPÍTULO 4)			
Elaboró: Convenio EDEQ-UTP	Revisó:	Aprobó:	Fecha: Febrero de 2009	



- Todas las conexiones que se hagan en la malla de tierra a nivel del suelo deberán ser realizadas con soldadura exotérmica o con conector certificado para ese uso
- Los electrodos de puesta a tierra deberán cumplir con las características establecidas en la Tabla 23 del RETIE
- Los elementos metálicos del refuerzo de la estructura de la edificación deberán tener una conexión permanente con el sistema de puesta a tierra general
- Cuando en la edificación existan varias mallas de puesta a tierra, todas ellas deberán ser interconectadas eléctricamente, estableciendo el principio de equipotencialidad
- Para efectos de medición y control de las mallas de puesta a tierra, se deberán dejar cajas de inspección de dimensiones mínimas de 30 cm × 30 cm, con tapa removible
- A la malla de tierra se conectarán: los DPS's, el tanque del transformador, el neutro del transformador, las pantallas de los cables y terminales premoldeados, las bandejas portacables, las celdas y tableros, la estructura de la edificación y, en general, todos los elementos metálicos expuestos no portadores de corriente así como el apantallamiento de la edificación

	EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.			NORMA EDEQ
	SUBESTACIONES (CAPÍTULO 4)			
Elaboró: Convenio EDEQ-UTP	Revisó:	Aprobó:	Fecha: Febrero de 2009	