



**DISEÑO DE SUBESTACIONES ELÉCTRICAS DE DISTRIBUCIÓN  
EN BAJO PERFIL Y ENCAPSULADAS EN SF<sub>6</sub>**

**MANUAL  
CFE DCDSEBPE**

**FEBRERO 2014**

C O N T E N I D O

1	OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN	1
2	POLÍTICA	1
3	DOCUMENTOS APLICABLES	1
4	DEFINICIONES	7
5	ABREVIATURAS	11
6	CARACTERÍSTICAS Y CONDICIONES GENERALES	13
6.1	Bases de Proyecto	14
6.2	Diagrama Unifilar	14
6.3	Localización y Selección del Terreno	19
6.4	Estudios Previos	22
6.5	Terracerías	27
6.6	Cimentaciones	30
6.7	Bardas y Cercados	34
6.8	Ubicación de Ejes	36
6.9	Caseta y EdificioSF <sub>6</sub>	38
6.10	Red de Tierra	43
6.11	Ductos y Registros	50
6.12	Arreglos Físicos para Áreas Normales o Contaminadas	54
6.13	Alumbrado	62
6.14	Consideraciones para la Selección del Tipo de Luminaria	64
6.15	Estructuras	65
6.16	Sistemas Contra Incendio	67
6.17	Sistema de Drenaje Pluvial	71
6.18	Pisos Terminados	77
6.19	Licencias y Permisos	79
6.20	Sistema de Seguridad Física	80
7	BIBLIOGRAFÍA	83

TABLA 1	Resistividad del terreno _____	27
TABLA 2	Características y aplicaciones para diferentes tipos de cemento portland _____	32
TABLA 3	Distancias mínimas de fase a tierra y entre fases _____	55
TABLA 4	Niveles de iluminación recomendados _____	63
TABLA 5	Valores del coeficiente C, para zonas urbanizadas _____	72
TABLA 6	Valores del coeficiente C, para zonas naturales _____	73



140218	Rev									
--------	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--

**1 OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN**

Establecer los criterios técnicos para proyectar y diseñar subestaciones eléctricas de distribución en bajo perfil y encapsuladas en SF<sub>6</sub>.

Es aplicable en las áreas de Proyectos y Construcción de las Divisiones de Distribución, en las Subestaciones que se incorporarán al Sistema Eléctrico de Distribución, así como también las propuestas de proyectos que sean realizados por terceros.

**2 POLÍTICA**

Es política de la Gerencia de Normalización de Distribución, la aplicación de este manual técnico para proyectar y diseñar subestaciones eléctricas de distribución en bajo perfil y encapsuladas en SF<sub>6</sub> para incorporarlas al sistema eléctrico nacional.

**3 DOCUMENTOS APLICABLES**

LSPEE	Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica.
LFMN	Ley Federal sobre Metrología y Normalización.
RLSPEE	Reglamento de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica.
NOM-001-SEDE	Instalaciones Eléctricas (Utilización).
NOM-008-SCFI	Sistema General de Unidades de Medida.
NOM-059-SEMARNAT	Protección Ambiental-Especies Nativas de México de Flora y Fauna Silvestres-Categorías de Riesgo y Especificaciones para su Inclusión, Exclusión o Cambio-Lista de Especies en Riesgo.
NMX-C-111-ONNCCE	Industria de la Construcción – Agregados para Concreto Hidráulico – Especificaciones y Métodos de Prueba.
NMX-H-074-1996-SCFI	Industria Siderúrgica – Productos de Hierro y Acero Recubiertos con Zinc (Galvanizados por Inmersión en Caliente) – Especificaciones y Métodos de Prueba.
NMX-H-004-1996-SCFI	Industria Siderúrgica –Recubrimiento de Zinc por el Proceso de Inmersión en Caliente para Sujetadores y Herrajes de Hierro y Acero – Especificaciones y Métodos de Prueba.
NMX-C-414-ONNCCE	Industria de la Construcción – Cementos Hidráulicos – Especificaciones y Métodos de Prueba.
NMX-C-122-ONNCCE	Industria de la -Construcción - Agua para Concreto – Especificaciones.
NMX-C-155-ONNCCE	Industria de la Construcción - Concreto – Concreto Hidráulico Industrializado – Especificaciones.
NMX-C-156-ONNCCE	Industria de la Construcción - Determinación del Revenimiento en el Concreto Fresco.
NMX-C-404-ONNCCE	Industria de la Construcción – Bloques, Tabiques o Ladrillos y Tabicones para uso Estructural – Especificaciones y Pruebas.

140218	Rev									
--------	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--

NMX-C-083-ONNCCE	Industria de la Construcción – Concreto -Determinación de la Resistencia a la Compresión de Cilindros de Concreto – Método de Prueba.
NMX-C-160-ONNCCE	Industria de la Construcción – Concreto, Elaboración y Curado en Obra de Especímenes de Concreto.
NMX-C-161-1997-ONNCCE	Industria de la Construcción – Concreto Fresco - Muestreo.
NMX-C-255-ONNCCE	Industria de la Construcción - Aditivos Químicos para Concreto – Especificaciones, Muestreo y Métodos de Ensayo.
NMX-C-304	Industria de la Construcción – Aditivos -Determinación de la Retención de Agua Por Medio de Compuestos Líquidos que forman Membrana para el Curado del Concreto.
NMX-C-407-ONNCCE	Industria de la Construcción – Varilla Corrugada de Acero Proveniente de Lingote y Palanquilla para Refuerzo de Concreto – Especificaciones y Métodos de Prueba.
NMX-B-254	Acero Estructural.
NMX-B-177	Tubos de Acero con o sin Costura, Negros y Galvanizados por Inmersión en Caliente.
NMX-H-077	Soldadura – Electrodo de Acero al Carbono Recubiertos, para Soldadura por Arco Eléctrico.
NMX-C-437-ONNCCE	Industria de la Construcción – Mantos Prefabricados Impermeables a Base de Asfaltos Modificados Vía Proceso Catalítico o con Polímeros del Tipo App y Sbs – Especificaciones y Métodos de Prueba.
NMX-J-438-ANCE	Productos Eléctricos-Conductores-Cables con Aislamiento de Policloruro De Vinilo, 75 °C para Alambrado de Tableros-Especificaciones.
NRF-001-CFE	Empaque, Embalaje, Embarque, Transporte, Descarga, Recepción y Almacenamiento de Bienes Muebles Adquiridos por CFE.
NRF-003-CFE	Apartarrayos de Óxidos Metálicos para Subestaciones.
NRF-004-CFE	Apartarrayos Tipo Distribución de Óxidos Metálicos para Sistemas de Corriente Alterna.
NRF-005-CFE	Aisladores de Suspensión Sintéticos para Tensiones de 13.8 kV a 138 kV.
NRF-006-CFE	Cuchillas para Líneas y Redes de Distribución.
NRF-007-CFE	Aisladores Soporte Tipo Columna.
NRF-008-CFE	Boquillas de Porcelana para Equipo de Distribución con Tensiones de Operación de 38 kV y Menores.

140218	Rev									
--------	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--

NRF-011-CFE	Sistema de Tierras para Plantas y Subestaciones Eléctricas.
NRF-017-CFE	Cable de Aluminio con Cableado Concéntrico y Núcleo de Acero (ACSR).
NRF-018-CFE	Aisladores Tipo Suspensión de Porcelana o de Vidrio Templado.
NRF-022-CFE	Interruptores de Potencia de 72.5 kV a 420 kV.
NRF-024-CFE	Cables de Potencia Monopolares de 5 kV A 35 kV.
NRF-026-CFE	Transformadores de Potencial Inductivos para Sistemas Tensiones Nominales de 13.8 kV a 400 kV.
NRF-027-CFE	Transformadores de Corriente para Sistemas con Tensiones Nominales de 0,6 kV a 400 kV.
NRF-028-CFE	Interruptores de Potencia para Media Tensión de 15 kV a 38 kV.
NRF-029-CFE	Cortacircuitos Fusible de Distribución.
NRF-030-CFE	Tableros Metálicos Blindados Tipo "Metal-Clad" para Tensiones Nominales de 15 kV a 38 kV.
NRF-041-CFE	Esquemas Normalizados de Protección para Líneas de Transmisión.
NRF-043-CFE	Herrajes y Conjuntos de Herrajes para Líneas de Transmisión Aéreas con Tensiones de 69 kV a 400 kV.
NRF-052-CFE	Cables Subterráneos para 600 V, con Aislamiento de Polietileno de Cadena Cruzada o de Alta Densidad.
CFE 00200-02	Diagramas Unifilares de Arreglos para Subestaciones.
CFE 04400-42	Guía de Criterios Básicos para Subestaciones de 115, 230 y 400 kV.
CFE 0MUR0-31	Suministro e Instalación de Muros y Techos de Lámina de Acero.
CFE 2DI00-04	Tapa y Aro 84B de Hierro Fundido para Banqueta.
CFE 2DI00-10	Grapa Remate de Hierro Maleable.
CFE 2DI00-14	Guardacabo G3.
CFE 2DI00-25	Conector Mecánico para Tierra.
CFE 2DI00-26	Conector de Compresión para Tierra.
CFE 2DI00-37	Tapa y Marco 84A de Hierro Fundido o de Hierro Dúctil para Arroyo.
CFE 2G200-28	Grapa Mordaza.
CFE 2R300-31	Guardacabo G2.

140218	Rev									
--------	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--

CFE 52000-51	Pruebas para Evaluar las Propiedades de la Porcelana Utilizada en Aisladores Eléctricos.
CFE 53000-90	Boquillas de Material Sintético o Compuestas para Equipo de Distribución con Tensiones de Operación de 15.5 kV a 38 kV.
CFE 54000-48	Tablilla de Conexiones.
CFE 56100-16	Electrodos para Tierra.
CFE 57000-59	Charolas para Cables Conductores de Fuerza y Control.
CFE 58100-07	Terminales de Media Tensión Tipo Pozo.
CFE 58100-31	Terminales de Media Tensión Tipo Perno.
CFE 67600-06	Grapa Púa.
CFE A0000-01	Alambre y Cable de Acero con Recubrimiento de Aluminio Soldado (A AS).
CFE C0000-13	Edificios y Casetas para Subestaciones Eléctricas.
CFE C0000-15	Concreto para la Construcción de Estructuras y Cimentaciones de Subestaciones Eléctricas de Potencia y Líneas de Transmisión.
CFE C0000-42	Sistema de Anclaje en Roca y/o Suelo para Estructuras de Líneas de Transmisión y Subestaciones.
CFE CPC0C-05	Entrega de Información de los Proyectos de Subestaciones y Líneas de Transmisión.
CFE CPC0C-06	Procedimiento para la Entrega y Recepción de Subestaciones y Líneas de Transmisión.
CFE D3100-19	Aceite Aislante.
CFE D8500-01	Guía para la Selección y Aplicación de Recubrimientos Anticorrosivos.
CFE D8500-01	Selección y Aplicación de Recubrimientos Anticorrosivos.
CFE D8500-02	Recubrimientos Anticorrosivos.
CFE DY700-08	Soldadura y sus Aspectos Generales.
CFE E0000-03	Conductores Monopolares con Aislamiento Termoplástico para Tipo THW-LS para Instalaciones hasta 600 V, para 75 °C.
CFE E0000-17	Cables de Potencia para 69 kV a 138 kV con Aislamiento de XLP.
CFE E0000-18	Cable de Aluminio con Cableado Concéntrico y Núcleo de Alambres de Acero Recubierto de Aluminio Soldado (ACSR/AS).
CFE E0000-20	Cables de Control.

140218	Rev									
--------	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--

CFE E0000-22	Cable de Guarda.
CFE E0000-23	Cables para Instrumentación.
CFE E0000-26	Multiconductores para Control con Aislamiento Termofijo Libre de Halógenos para 90 °C.
CFE E0000-32	Alambre y Cable de Cobre Desnudo.
CFE G0000-34	Sistema de Información y Control Local de Estación (SICLE).
CFE G0000-45	Simulador (SCADA).
CFE G0000-48	Medidores Multifunción para Sistemas Eléctricos.
CFE G0000-62	Esquemas Normalizados de Protecciones para Transformadores, Autotransformadores y Reactores de Potencia.
CFE G0000-81	Características Técnicas para Relevadores de Protección.
CFE G0100-14	Unidades Centrales Maestras para Centros de Control del CENACE
CFE G6800-59	Relevador Auxiliar de Disparo con Bloqueo y Reposición Manual Tipo Rotativo.
CFE GAHR0-89	Registadores Digitales de Disturbio para Sistemas Eléctricos.
CFE H1000-41	Prevención, Control y Extinción de Incendios en Subestaciones Eléctricas de Distribución.
CFE JA100-57	Estructuras Metálicas Mayores y Menores para Subestaciones.
CFE JA100-65	Cimentaciones para Estructuras de Subestaciones Eléctricas.
CFE K0000-06	Transformadores de Potencia de 10 MVA y Mayores.
CFE K0000-08	Transformadores Trifásicos Tipo Pedestal hasta 225 kVA para Distribución Subterránea.
CFE K0000-13	Transformadores y Autotransformadores de Potencia para Subestaciones de Distribución.
CFE K0000-20	Evaluación de Pérdidas de Transformadores de Potencia y Cálculo de Penalizaciones.
CFE L0000-06	Coordinación de Aislamiento.
CFE L0000-15	Colores Normalizados.
CFE L0000-36	Consideraciones económicas en la Supervisión del Montaje, Pruebas y Puesta en Servicio.
CFE L0000-42	Requisitos del Sistema de Calidad de CFE.
CFE U0000-04	Equipo de Radio Comunicación (VHF).

140218	Rev									
--------	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--



CFE U0000-05	Equipos de Radio Comunicación (UHF).
CFE U0000-11	Pruebas para Evaluar el Comportamiento del Equipo Electrónico en Condiciones de Operación.
CFE U0000-12	Aplicación de Métodos de Pruebas Prototipos a Relevadores de Distancia Tipo Estático.
CFE U4000-10	Equipo de Onda Portadora para Líneas de Alta Tensión.
CFE V4200-12	Cuchillas Desconectoras en Aire de 72.5 a 420 kV con Accionamiento Controlado.
CFE V4200-25	Cuchillas Desconectoras de 15 kV a 145 kV con Accionamiento Manual.
CFE V4500-09	Desconectores para Bancos de Capacitores.
CFE V6100-23	Tableros de Distribución de 120 V C.A. Tensión Regulada y no Regulada.
CFE V6600-22	Tableros de Corriente Directa.
CFE V6700-55	Sistemas Integrados de Control, Protección, Medición y Mantenibilidad para Uso en Subestaciones de Distribución (SISOPROMM).
CFE V6700-62	Tableros de Protección, Control y Medición para Subestaciones Eléctricas.
CFE V7100-19	Baterías Abiertas para Servicio Estacionario.
CFE V7200-48	Cargador de Baterías.
CFE V8000-06	Bancos de Capacitores para Redes de Distribución.
CFE V8000-33	Control para Condensadores Eléctricos.
CFE V8000-52	Banco de Capacitores de 13.8 kV a 34.5 kV para Subestaciones de Distribución.
CFE V8000-53	Banco de Capacitores de 69 kV a 161 kV para Subestaciones.
CFE V8000-67	Capacitores de Potencia (Unidades Capacitivas) para Sistemas Eléctricos de Distribución y Transmisión.
CFE VE000-38	Transformadores de Potencial Capacitivo y Capacitores de Acoplamiento para Sistemas de 69 kV a 400 kV.
CFE VY200-40	Subestaciones Blindadas en Gas SF <sub>6</sub> de 72.5 kV a 420 kV.
CFE VY500-16	Criterios Generales de Diseño Eléctrico para los Servicios Propios de Subestaciones de Potencia.

140218	Rev									
--------	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--

CFE XXA00-26

Sistema Fijo de Aspersión de Agua para la Protección Contra Incendio de Transformadores y Reactores de Potencia, de Instalación a la Intemperie.

**NOTA:** Para la formulación del presente manual técnico fueron utilizadas las especificaciones y normas vigentes a la fecha de su emisión, por lo tanto el ingeniero de diseño debe aplicar las especificaciones y normas vigentes al momento en que se diseñe la nueva subestación eléctrica.

**4 DEFINICIONES**

- Acometida: Conjunto de conductores y equipo necesario para llevar la energía eléctrica desde el sistema de suministro a la Subestación Eléctrica (aérea o subterránea).
- Alimentador: Es el circuito conectado a una sola estación, que suministra energía eléctrica a subestaciones distribuidoras o directamente a los usuarios.
- Alta tensión: Es la tensión de suministro a niveles mayores a 35 kilovolts, Para efectos de esta especificación, se considerarán valores de tensiones de 85 kV, 115 kV y 138 kV.
- Áreas urbanas: Zona caracterizada por presentar asentamientos humanos concentrados de más de 15 000 habitantes. En estas áreas se asientan la administración pública, el comercio organizado y la industria y puede(n) existir alguno(s) de los siguientes servicios: drenaje, energía eléctrica y red de agua potable.
- Apartarrayos: Equipo primario supresor de sobre tensiones.
- Banco de capacitores: Conjunto de celdas capacitivas utilizado para la regulación de tensión y corrección de factor de potencia.
- Barra de transferencia: Conjunto de conductores que se utilizan como conexión para transferir o dejar temporalmente fuera de operación uno de los diferentes circuitos de la misma tensión que convergen en una subestación.
- Barra o bus: Es una barra colectora común en donde se conectan todos los alimentadores de la misma tensión.
- Biodiversidad: La variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos, entre otros, los ecosistemas terrestres, marinos y otros ecosistemas acuáticos y los complejos ecológicos de los que forman parte; comprende la diversidad dentro de cada especie, entre las especies y de los ecosistemas.
- Blindaje: Conjunto de elementos físicos (hilos de guarda o puntas pararrayos), dispuestos de manera tal, que cuando ocurra una descarga atmosférica estos elementos sean los primeros en recibir dichas descargas y drenarla a tierra, evitando así que las descargas incidan sobre los equipos de la subestación.
- Bypass: Es el elemento (cuchilla desconectadora o interruptor de potencia), que sustituye temporalmente a otros equipos para realizar la función de transferencia de energía eléctrica o carga.

140218	Rev									
--------	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Corto circuito:	Es una conexión entre dos terminales de un elemento de un circuito eléctrico, provocando la anulación parcial o total de la resistencia en el circuito, lo que conlleva un aumento en la corriente que lo atraviesa.
Cambio de uso de suelo:	La remoción total o parcial de la vegetación de los terrenos forestales para destinarlos a actividades no forestales.
Carga:	Es el valor dado en amperes, del consumo de energía eléctrica de un conjunto de elementos (inductivo, resistivo o capacitivo) conectados a un circuito.
Catastro:	Es un registro inmobiliario administrativo dependiente del Estado en el que se describen los bienes inmuebles rústicos, urbanos y de características especiales.
Coordenadas geodésicas:	Son las coordenadas referidas a una superficie que modela la forma de la tierra.
Coordenadas geográficas:	<p>El Sistema de Coordenadas geográficas determina todas las posiciones de la superficie terrestre utilizando las dos coordenadas angulares de un sistema de coordenadas esféricas que está alineado con el eje de rotación de la tierra. Este define dos ángulos medidos desde el centro de la tierra:</p> <p>La latitud mide el ángulo entre cualquier punto y el ecuador. Las líneas de latitud se llaman paralelos y son círculos paralelos al ecuador en la superficie de la tierra.</p> <p>La longitud mide el ángulo a lo largo del ecuador desde cualquier punto de la tierra. Se acepta que Greenwich en Londres es la longitud 0 en la mayoría de las sociedades modernas. Las líneas de longitud son círculos máximos que pasan por los polos y se llaman meridianos.</p>
Coordenadas UTM:	Es una proyección cartográfica conocida como Universal Transversal Mercator, en la cual se proyectan cilindros en forma transversal a la tierra, generándose zonas UTM con una longitud de 6°. El sistema trabaja en coordenadas Norte y Este.
Cuchillas:	Son los dispositivos cuya función consiste en conectar y desconectar un equipo sin carga de operación, pueden ser monopolar o tripolar con accionamiento manual o motorizado
Cuchillas de puesta a tierra:	Son los dispositivos cuya función consiste en conectar una línea sin carga a tierra.
Curvas de nivel:	Son las líneas marcadas sobre un plano que representan la configuración topográfica de un terreno.
Deslinde catastral certificado:	Levantamiento y dibujo topográfico relativo a un predio, mismo que debe contener la forma del polígono inherente al predio, los vértices de cada uno de sus lados, así como la distancia entre ellos, la superficie total del polígono, cuadro de construcción de los vértices, coordenadas geográficas y coordenadas UTM, ubicación general con respecto al área urbana, colindancia con respecto a los

140218	Rev									
--------	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--

predios y calles adyacentes, clave catastral, número de lote y manzana, esta información debe de ser autorizada por parte del departamento de catastro municipal.

- Dictamen de uso de suelo:** Documento oficial mediante el cual la autoridad municipal o estatal, autoriza al promovente, el uso o actividad que le dará a un predio (habitacional, comercial o para servicio público, en este caso el uso es designado a una subestación eléctrica) este documento cita en su contenido el uso propuesto, clave catastral y la superficie total del predio.
- Disparo:** Acción de interrupción de la corriente eléctrica de un dispositivo diseñado para este fin.
- Diagrama unifilar:** Esquema grafico que indica por medio de líneas sencillas y símbolos eléctricos la interconexión y componentes de una Subestación Eléctrica.
- Ecosistema:** La unidad funcional básica de interacción de los organismos vivos entre sí y de éstos con el ambiente, en un espacio y tiempo determinados.
- Equipo primario:** Es el conjunto de equipos, aparatos o circuitos eléctricos, principales involucrados en la operación principal de una instalación
- Escurrimiento pluvial:** Corriente de agua debida a la precipitación de lluvia.
- Estudios ambientales:** Los estudios ambientales son necesarios para preparar manifestaciones de impacto ambiental, informes preventivos, estudios técnicos justificativos y otros documentos especiales que requieran las autoridades con competencia en la protección ambiental. De quien la CFE obtiene las autorizaciones para la construcción de sus proyectos eléctricos.
- Estudio técnico justificativo:** Documento que se presenta ante la Dirección General de Gestión Forestal y de Suelos de la SEMARNAT, con el fin de solicitar el cambio de usos de suelo en terrenos forestales. Este documento integra los estudios técnicos justificativos que demuestren que no se compromete la biodiversidad, ni se provocará la erosión de los suelos, el deterioro de la calidad del agua o la disminución de su captación, y que los usos alternativos del suelo que se propongan sean más productivos a largo plazo.
- Estudio geotécnico:** Estudio hecho para analizar el comportamiento y condiciones del suelo para ser usado como material de construcción o como base de sustentación de las obras de ingeniería.
- Estudio topográfico:** Comprende el conjunto de operaciones necesarias para determinar las posiciones de puntos en la superficie de la tierra, tanto en planta como en altura, los cálculos correspondientes, se representan en un plano.
- Fibra óptica:** Cable compuesto por fibras de vidrio utilizados como medios de comunicación y protección.

140218	Rev									
--------	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Impacto ambiental:	Modificación del ambiente ocasionada por la acción del hombre o de la naturaleza.
Informe geotécnico:	Es el resultado de los trabajos de inspección y caracterización del subsuelo afectado por una obra de ingeniería, motivados por la necesidad de conocer el comportamiento del terreno ante la influencia de la misma, y que además de comprender los aspectos descriptivos formales del terreno, acostumbra a incluir ciertas recomendaciones para el proyecto de la obra en aquellas facetas en que la misma interacciona con el terreno
Ingeniero de diseño:	Es el profesionista a quien se le encomienda el diseño y proyecto de una Subestación Eléctrica, y quien debe contar con el perfil, conocimiento, experiencia y habilidad necesaria para realizarlo.
Interruptor de potencia:	Es un dispositivo de maniobra capaz de cerrar o interrumpir un circuito, bajo condiciones normales o anormales de operación de acuerdo a su capacidad interruptiva sin sufrir daño.
Línea:	Conjunto de elementos cuya función es transportar energía eléctrica.
Línea de vista:	Es la dirección de una línea imaginaria libre de obstáculos, que existe en el espacio para la comunicación entre un emisor y un receptor.
Licencia de construcción:	Documento oficial mediante el cual la autoridad municipal, estatal o federal, autoriza la construcción de una obra, dicho documento contempla una serie de términos y condicionantes a los cuales el promovente de la obra está obligado a cumplir.
Manifestación del impacto ambiental:	Es el documento mediante el cual se da a conocer, con base en estudios, el impacto ambiental, significativo y potencial que generaría una obra o actividad, así como la forma de evitarlo o atenuarlo en caso de que sea negativo.
Media tensión:	Es la tensión de suministro a niveles mayores a un kilovolt, pero menores o iguales a 35 kilovolts.
Norte astronómico:	Es el punto de intersección entre el eje de rotación de la Tierra y su superficie, y lugar donde convergen todos los meridianos.
Obras por aportaciones:	Son las construidas por CFE o por un tercero, con aportación económica del usuario. Las obras construidas por el tercero son entregadas a CFE para su operación y mantenimiento.
Pararrayos:	Elemento físico (varilla o bayoneta) que recibe directamente una descarga atmosférica, normalmente se ubica en la parte superior de las estructuras metálicas de la subestación.
Resistividad de terreno:	Es la propiedad que tiene el suelo para conducir electricidad, es conocida como la resistencia específica del terreno al paso de una corriente eléctrica.
Rumbo:	Es el ángulo horizontal que se forma con respecto al meridiano de referencia, medido con la línea de los extremos norte o sur, según la orientación que tenga dicho alineamiento. Se expresa como un

140218	Rev								
--------	-----	--	--	--	--	--	--	--	--

ángulo de 0° a 90°, indicando el cuadrante en el cual se encuentra situado.

SIAD:	Sistema Integral de Administración de Distribución.
SF <sub>6</sub> :	Hexafloruro de Azufre.
Subestación eléctrica	Es una instalación destinada a transformar los niveles de tensión de una infraestructura eléctrica para facilitar el transporte y distribución de la energía.
Tableros de PCyM:	Tableros de Protección, Control y Medición
Tensión del sistema:	Es el valor eficaz de tensión de operación del sistema eléctrico.
Transformador de corriente:	Es un dispositivo eléctrico en el cuál circula un valor de corriente medido en amperes por un conductor primario, y que proporciona una relación o proporción de valor de la corriente eléctrica que circula a través de un conductor secundario.
Transformador de potencia:	Es un dispositivo eléctrico que permite aumentar o disminuir la tensión en un circuito eléctrico.
Transformador de potencial:	Es un dispositivo eléctrico en el cuál circula un valor de tensión medido en volts por un conductor primario, y que proporciona una relación o proporción de valor de la tensión eléctrica que circula a través de un conductor secundario.
Vegetación forestal:	Es la flora que crecen y se desarrolla en forma natural formando bosques, selvas, zonas áridas y semiáridas, y otros ecosistemas.
Voz y datos:	Información que se transmite por diferentes medios (fibra óptica, radio, microondas, OPLAT).
Zona de distribución:	Son las dependencias subalternadas de una división de distribución ubicadas en un área geográfica determinada.

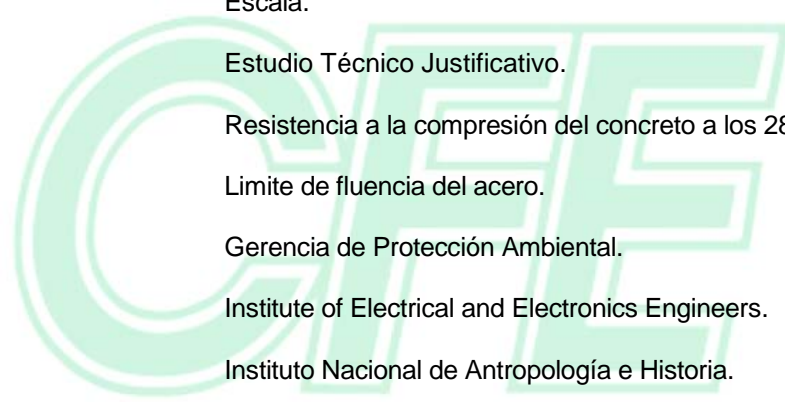
**5 ABREVIATURAS**

A/A	Unidad de Aire Acondicionado.
AHCD	Arreglo Híbrido Compacto de Desconexión.
AP	Apartarrayos.
A.T.	Alta Tensión.
BP	Barra Principal.
BT	Barra de Transferencia.
CB	Cargador de Baterías.
CFE	Comisión Federal de Electricidad.

140218	Rev									
--------	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--



PCyM	Protección, Control y Medición.
C.A.	Corriente Alterna.
C.D.	Corriente Directa.
C.S.	Control Supervisorio.
DGN	Dirección General de Normas.
DP	Dispositivo de Potencial.
EMA	Entidad Mexicana de Acreditación.
ESC	Escala.
ETJ	Estudio Técnico Justificativo.
F'c	Resistencia a la compresión del concreto a los 28 días de edad.
F'y	Limite de fluencia del acero.
GPA	Gerencia de Protección Ambiental.
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers.
INAH	Instituto Nacional de Antropología e Historia.
INEGI	Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.
IPIA	Informe Preventivo de Impacto Ambiental.
MIA	Manifestación de Impacto Ambiental.
MPa	Megapascal
MVA	Megavoltampere
Mvar	Megavoltsamperesreactivos.
m.s.n.m.	Metros Sobre el Nivel del Mar.
M.T.	Media Tensión.
NBAI	Nivel Básico de Aislamiento al Impulso.
N.D.E.	Nivel Desplante de Estructura.
N.P.T	Nivel de Piso Terminado.
N.T.C.	Nivel Tope de Concreto.
N.T.N.	Nivel de Terreno Natural.
N.T.T.	Nivel de Terracería Terminada.



140218	Rev									
--------	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--

ONNCCE	Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, S.C.
OPLAT	Onda Portadora en Línea de Alta Tensión.
PAD	Polietileno de Alta Densidad.
PIO	Presupuesto de Inversiones en Operación.
POISE	Programa de Obras e Inversiones del Sector Eléctrico.
PROFEPA	Procuraduría Federal de Protección al Medio Ambiente.
PVC	Polivinilo de Cloruro.
SE	Subestación Eléctrica.
SF <sub>6</sub>	Hexafloruro de Azufre.
SCT	Secretaría de Comunicaciones y Transportes.
SEMARNAT	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
SISCPROMM	Sistema de Control, Protección, Medición y Mantenibilidad.
SUCS	Sistema Unificado de Clasificación de Suelos.
TC	Transformador de Corriente.
THWN	Termoplasticheat and moisture (water) nylon.
TP	Transformador de Potencial
TSP	Transformador de Servicios Propios.
UTM	Universal Transverse Mercator.
UTR	Unidad Terminal Remota.
VRS	Valor Relativo de Soporte.

## **6 CARACTERÍSTICAS Y CONDICIONES GENERALES**

Todo diseño de Subestaciones Eléctricas, así como sus ampliaciones, nace de las necesidades inherentes al crecimiento de los Sistemas de Distribución o para mejorar las ya existentes.

Las características que deben cumplir los diseños de subestaciones eléctricas, tal como se establece en la sección 6.1.

Estas obras se incluyen en el presupuesto de inversiones de las divisiones de distribución que se agrupan en tres grandes partidas: PIO, POISE y Obras por Aportaciones.

El diseño de las subestaciones eléctricas debe cumplir con los criterios indicados en el presente documento.

140218	Rev									
--------	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--



## **6.1 Bases de Proyecto**

Es el documento que define las características principales que sirven de base para el diseño de la Subestación Eléctrica, considerando los criterios de operación y mantenimiento, en las cuales se definen: características del sitio, características del equipo, tipo de arreglo para la Subestación Eléctrica, diagrama unifilar, diagrama de integración al sistema eléctrico, ubicación geográfica, entre otros. (Ver anexo 6.1.1).

Las bases de proyecto se obtienen del módulo de "BASES DE PROYECTO" del SIAD, las cuales deben estar autorizadas por el Subgerente de distribución divisional, así como toda clase de modificación a éstas.

En función de las bases de proyecto y del diagrama unifilar, se determinan y elaboran las características particulares del equipo primario, para su integración en la carpeta técnica que forma parte de las bases de licitación.

## **6.2 Diagrama Unifilar**

Es aquel que muestra las conexiones, partes de un circuito eléctrico o de un sistema de circuitos representados mediante símbolos.

Existen distintos arreglos de barras y la selección de un arreglo en particular depende de los siguientes factores: la tensión del sistema, las características del sistema en el cual se va a integrar la Subestación Eléctrica, la flexibilidad, la confiabilidad de operación y el tipo de carga a alimentar.

Antes de proceder a la definición de las características de los distintos elementos de la Subestación Eléctrica, así como su posible localización, se debe elaborar un diagrama unifilar simplificado sin protecciones en donde se indique el arreglo propuesto de barras.

### **6.2.1 Arreglo de barras aplicables**

Los arreglos de barras colectoras que se utilizarán en los proyectos de Subestaciones Eléctricas son:

En alta tensión (A.T.) de 69 kV a 138 kV: barra principal, barra principal - barra de transferencia, anillo y arreglo de barras en "H".

En media tensión (M.T.) de 13.8 kV a 34.5 kV: barra principal en tablero metálico blindado aislado en aire y gas SF<sub>6</sub>.

#### **6.2.1.1 Barra principal.**

Este arreglo es aquel que tiene una barra colectoras, tanto de A.T. como en M.T., en donde convergen todos los alimentadores en su barra correspondiente.

En A.T. se utiliza preferentemente en desarrollos de bajo crecimiento y su operación es en forma radial o pudiendo integrarse a un anillo del sistema eléctrico, previendo el espacio para el crecimiento futuro.

Las características o alcances de una Subestación Eléctrica con este arreglo son:

- a)** Barra principal hasta 4 alimentadores en A.T.
- b)** Uno o dos transformadores.
- c)** Banco de capacitores en A.T. (opcional).

El diagrama unifilar simplificado de subestaciones eléctricas de distribución de bajo perfil de este arreglo se encuentra en el anexo 6.2.1.1.1.

140218	Rev									
--------	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--

El diagrama unifilar simplificado de subestaciones blindadas en gas SF<sub>6</sub> de este arreglo se encuentra en el anexo 6.2.1.1.2.

Ventajas:

- a) No existe restricción entre la ubicación física de las bahías de los elementos y la funcionalidad de la subestación eléctrica.
- b) Con un interruptor fuera de servicio, el “disparo” o salida de un elemento, ocasiona la pérdida de únicamente el elemento objeto de la falla.
- c) Permite realizar arreglos de bajo perfil, ya que solo se requieren dos niveles de conductor energizado para la conectividad entre equipos. En subestaciones blindadas en gas SF<sub>6</sub> estos niveles no se requieren.
- d) Permite dar mantenimiento al interruptor del elemento que se trate, sin la pérdida del enlace utilizando el bypass. Para la subestaciones blindadas en gas SF<sub>6</sub> el uso de la cuchilla de bypass no es recomendable, ya que se garantiza la operación continua de un interruptor sin darle mantenimientos mayores hasta por lo menos durante un período de 10 años.
- e) Se puede ampliar fácilmente, en la subestaciones blindadas en gas SF<sub>6</sub> se debe dejar espacios para el crecimiento.
- f) De fácil construcción modular.
- g) Requiere poco espacio de construcción.
- h) En subestaciones blindadas en gas SF<sub>6</sub> son de mucha confiabilidad, es posible que todas las salidas y entradas se puedan realizar con terminales SF<sub>6</sub>-Cable y evitar partes vivas en la subestación eléctrica.
- i) En subestaciones blindadas en gas SF<sub>6</sub>, requiere poco espacio de construcción se puede reducir hasta un 40 % el área requerida.
- j) En subestaciones blindadas en gas SF<sub>6</sub> es muy difícil que exista una falla en la barra ya que esta se considera un elemento pasivo.

Desventajas:

- a) Una falla en la barra principal ocasiona la pérdida de todos los elementos de la subestación eléctrica.
- b) No permite des-energizar la barra principal sin tener que desconectar todos los elementos de la subestación eléctrica.
- c) El uso de la cuchilla de “bypass”, requiere la operación de las protecciones de respaldo en las subestaciones eléctricas colaterales; para la subestaciones blindadas en gas SF<sub>6</sub> el uso de la cuchilla de “bypass”, no es recomendable en este arreglo ya que se garantiza la operación continua de un interruptor sin darle mantenimientos, así mismo la aplicación de esta cuchilla restringe las señales de medición, protección y control del equipo.
- d) Para subestaciones blindadas en gas SF<sub>6</sub> tipo intemperie que requieran una ampacidad mayor a 2 500 A, existe la probabilidad de que por temperaturas mayores a 40 °C y la radiación solar directa se reduzca esta ampacidad y se requiera colocar una cubierta para proteger de la radiación solar. En subestaciones blindadas en gas SF<sub>6</sub> tipo interior no existe este problema.

140218	Rev									
--------	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--

**6.2.1.2 Barra principal - barra de transferencia**

Este arreglo tiene dos barras colectoras, la principal que lleva toda la carga y la de transferencia, que se utiliza para transferir la carga de un transformador de potencia o un alimentador de A.T. a través de un interruptor comodín.

Se utiliza en áreas de corredores industriales, zonas de alto crecimiento y donde se requiera mayor confiabilidad permitiendo el crecimiento, que su operación es en anillo del sistema eléctrico.

Las características o alcances de una subestación eléctrica con este arreglo son:

- a) Barra principal-barra transferencia, hasta 4 alimentadores en A.T.
- b) Uno o dos transformadores.
- c) Banco de capacitores en A.T. (opcional).

El diagrama unifilar simplificado de subestaciones eléctricas de distribución de bajo perfil, se muestra en el anexo 6.2.1.2.1.

El diagrama unifilar de subestaciones blindadas en gas SF<sub>6</sub> de este arreglo se encuentra en el anexo 6.2.1.2.2.

Ventajas:

- a) Permite dar mantenimiento a los interruptores (uno a la vez) sin perder el elemento (LAT o banco de transformación) a que pertenezca el interruptor. En subestaciones blindadas en gas SF<sub>6</sub> no se requiere mantenimiento mayor en un periodo de 10 años.
- b) Para subestaciones eléctricas importantes en la red o que requieran de alta confiabilidad este arreglo es el óptimo.
- c) No existe restricción entre la ubicación física de las bahías de los elementos y la funcionalidad de la subestación eléctrica, condición que facilita el reacomodo de las líneas de alta tensión y la realización de ampliaciones.
- d) Con un interruptor fuera de servicio por falla, el interruptor de transferencia permite integrar el elemento disparado al sistema con sus protecciones. En subestaciones blindadas en gas SF<sub>6</sub> para las salidas y entradas se puedan realizar con terminales SF<sub>6</sub>-Cable y evitar partes vivas en la subestación eléctrica.
- e) En subestaciones de bajo perfil, permite dar mantenimiento al interruptor del elemento que se trate, sin la pérdida del enlace utilizando el interruptor de transferencia.
- f) En subestaciones blindadas en gas SF<sub>6</sub> se puede reducir hasta un 60 % del área requerida, ocupando menor superficie dependiendo de la cantidad de bahías.
- g) En subestaciones blindadas en gas SF<sub>6</sub> no requiere de tres niveles de conductor energizado para la conectividad entre equipos y barras.

Desventajas:

- a) Una falla en la barra principal ocasiona la pérdida de todos los elementos de la subestación.
- b) Es necesario transferir los disparos de protecciones al interruptor de transferencia.

140218	Rev									
--------	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--

- c) No permite desenergizar la barra principal sin tener que desconectar todos los elementos de la subestación.
- d) En subestaciones eléctricas de distribución de bajo perfil con aislamiento en aire se pueden realizar arreglos de bajo perfil, pero requiere tres niveles de conductor energizado para la conectividad entre equipos y barras.
- e) En las subestaciones eléctricas de distribución de bajo perfil, este arreglo ocupa mayor superficie de construcción contra los arreglos descritos siguientes:
  - Barra principal
  - Anillo
  - Arreglo en H
  - Arreglos en subestaciones blindadas en gas SF<sub>6</sub>
- f) Para las subestaciones eléctricas de distribución de bajo perfil en este arreglo no es recomendable la instalación de interruptores de tanque muerto, debido a la transferencia de los esquemas de protecciones de cada elemento (línea, banco etc.).

**6.2.1.3 Anillo**

Este arreglo tiene secciones de barra, las cuales están interconectadas y forman un anillo, en donde convergen todos los elementos.

Este arreglo se utiliza donde se requiere alta confiabilidad tanto en la subestación eléctrica, como en el sistema que la alimenta y su operación es en anillo.

Las características y alcances de una Subestación Eléctrica con este arreglo son:

- a) Buses de A.T. con disposición en “anillo” hasta 4 líneas.
- b) Uno o dos transformadores.
- c) No incluir banco de capacitores en A.T.

El diagrama unifilar simplificado de subestaciones eléctricas de distribución de bajo perfil de este arreglo se muestra en el anexo 6.2.1.3.1.

El diagrama unifilar de subestaciones blindadas en gas SF<sub>6</sub> de este arreglo se encuentra en el anexo 6.2.1.3.2.

Ventajas:

- a) Permite dar mantenimiento a cualquier interruptor sin perder los elementos adyacentes a dicho interruptor. En subestaciones blindadas en gas SF<sub>6</sub> no se requiere mantenimiento mayor en un periodo de 10 años.
- b) Aumenta la confiabilidad al permitir alimentar un elemento por dos trayectorias diferentes.
- c) Pocas maniobras para librar interruptores.
- d) Permite realizar arreglos de relieve bajo, ya que solo se requieren dos niveles de conductor energizado para la conectividad entre equipos, en subestaciones blindadas en gas SF<sub>6</sub> no requiere de niveles de conductor energizado para la conectividad entre equipos y barras, es

140218	Rev									
--------	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--

posible que todas las salidas y entradas se puedan realizar con terminales SF<sub>6</sub>-Cable y evitar partes vivas en la subestación eléctrica.

- e) Requerimiento mínimo de estructuras metálicas mayores.
- f) En subestaciones blindadas en gas SF<sub>6</sub> ocupa menor espacio de construcción.
- g) En subestaciones blindadas en gas SF<sub>6</sub> se pueden realizar ampliaciones en los módulos sin problemas.

Desventajas:

- a) Cuando un interruptor está en mantenimiento, el disparo de un elemento puede causar la pérdida de otros elementos.
- b) Para este arreglo al estar energizado, el sustituir los módulos afectan la conexión del anillo en el sistema eléctrico.
- c) Ocupa mayor espacio de construcción en las subestaciones eléctricas de distribución de bajo perfil.

#### 6.2.1.4 Arreglo de barras en “H”

Este arreglo se utiliza en áreas sin crecimiento en A.T., limitado a dos alimentadores y dos bancos de transformación, su operación es dentro de un anillo del sistema eléctrico (dos fuentes) y no se deben instalar más de dos subestaciones eléctricas adyacentes.

Las características y alcances de la subestación eléctrica con este arreglo son:

- a) Barras de A.T. en disposición “H” para dos líneas.
- b) Uno o dos transformadores.
- c) No incluir banco de capacitores en A.T.

El diagrama unifilar simplificado de subestaciones eléctricas de distribución de bajo perfil de este arreglo se encuentra en el anexo 6.2.1.4.1.

El diagrama unifilar de subestaciones blindadas en gas SF<sub>6</sub> de este arreglo se encuentra en el anexo 6.2.1.4.2.

Ventajas:

- a) Utiliza menos equipo.
- b) Ocupa menor espacio de construcción.
- c) En subestaciones blindadas en gas SF<sub>6</sub> es posible que todas las salidas y entradas se puedan realizar con terminales SF<sub>6</sub>-Cable y evitar partes vivas en la subestación eléctrica.
- d) Requerimientos mínimos de estructuras metálicas debido a que se tienen acometidas subterráneas.
- e) En subestaciones blindadas en gas SF<sub>6</sub> se puede reducir hasta un 60 % del área requerida.

140218	Rev									
--------	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Desventajas:

- a) Cuando un interruptor está en mantenimiento, el disparo de un elemento puede causar la pérdida de otros elementos, por lo tanto, no se deben instalar más de dos subestaciones eléctricas adyacentes con este tipo de arreglo de barras.
- b) Su uso es para dos líneas de alta tensión y dos bancos de transformación como máximo.
- c) No debe instalarse una subestación eléctrica con este arreglo en una línea que respalda dos subestaciones.
- d) Para subestaciones blindadas en gas SF<sub>6</sub> tipo intemperie las cuales requieran una ampacidad mayor a 2 500 A. existe la probabilidad de que por temperaturas mayores a 40 °C y la radiación solar directa se reduzca esta ampacidad y se requiera colocar una cubierta para proteger de la radiación solar. En subestaciones blindadas en gas SF<sub>6</sub> tipo interior no existe este problema.

### 6.2.2 Diagrama unifilar con protecciones

Posterior a la definición del tipo de arreglo a utilizar en una subestación eléctrica, se aplican los esquemas de protección para las líneas de A.T., bancos de capacitores, transformadores de potencia y circuitos de distribución. Para lo cual se deben consultar las normas de referencia y especificaciones CFE siguientes:

- NRF-041-CFE-2005** Esquemas normalizados de protecciones para líneas de transmisión.
- CFE G0000-62-2002** Esquemas normalizados de protección para transformadores de potencia.
- CFE V8000-53** Bancos de capacitores de 69 kV a 161 kV para subestaciones eléctricas.

Así como de la norma internacional:

- ANSI/IEEE C37.99-1990** Guide for the protection of shunt capacitor banks.

### 6.3 Localización y Selección del Terreno

Representa aquella actividad que tiene como fin localizar alternativas de terrenos en donde pueda llevarse a cabo la construcción de una subestación eléctrica, a fin de seleccionar aquel sitio que resulte idóneo, de acuerdo a los criterios establecidos en el presente capítulo.

La localización del terreno debe estar a cargo del departamento de planeación de zona, apoyado por los departamentos de proyectos y construcción y de planeación divisional, debiendo contar previamente con el estudio de crecimiento y ubicación de cargas.

Se recomienda seleccionar al menos dos sitios para la construcción de la subestación eléctrica, ante la posibilidad de un impedimento legal, ambiental, técnico o social, para la construcción en alguno uno de ellos.

#### 6.3.1 Criterios a considerar para la selección del terreno

##### 6.3.1.1 Criterio eléctrico

Que quede comprendido dentro del área de carga, y lo más cercano a la línea o líneas de alimentación aéreas o subterráneas en A.T. y M.T. a fin de minimizar las pérdidas de energía.

La ubicación de la subestación eléctrica debe permitir su futuro crecimiento y funcionalidad con la red de distribución.

140218	Rev								
--------	-----	--	--	--	--	--	--	--	--



Debe resultar factible la construcción de la llegada y salida de línea o líneas de alimentación aéreas o subterráneas en A.T. y M.T., auxiliándose con planos de la ciudad en áreas urbanas y de cartas del INEGI en áreas rurales; planos reguladores de crecimiento y uso del suelo así como fotogrametría.

**6.3.1.2 Criterio constructivo**

Que el sitio donde se construya la Subestación Eléctrica cuente con acceso vial. En caso de no contar con un acceso vial, se debe cuidar que la construcción de éste sea factible tanto técnica como económicamente, cuidando los intereses de CFE.

En zonas de contaminación por industrias, estanques de aguas negras y otras, se recomienda seleccionar el predio en dirección contraria a los vientos dominantes, con el fin de reducir los efectos de corrosión y contaminación.

**6.3.1.3 Dimensiones mínimas del terreno**

De acuerdo al tipo de arreglo:

Subestación bajo perfil.

- Barra principal, de 65 m de frente por 75 m de fondo.
- Barra principal-barra transferencia, de 65 m de frente por 85 m de fondo.
- Arreglo en anillo, de 85 m de frente por 85 m de fondo.
- Arreglo en "H", de 60 m de frente por 70 m de fondo.

Subestaciones blindadas en gas SF<sub>6</sub>

- Barra principal, barra principal-barra transferencia, arreglo en anillo y arreglo en "H", de 40 m de frente por 30 m de fondo.

El frente del predio corresponde al lado de llegada de las líneas de A.T., o al lado de M.T. del transformador de potencia.

En caso de contar con un terreno de limitado por un polígono irregular, las dimensiones antes referidas deben quedar comprendidas dentro del área útil del predio.

**6.3.1.4 Criterio topográfico, hidrológico y geotécnico**

- Polígono regular con las dimensiones indicadas en la sección 6.3.1.3, según el arreglo seleccionado.
- Lo más plano posible, para evitar rellenos o nivelaciones costosas.
- No inundable.
- Alejado de arroyos, ríos, barrancos y laderas.
- Evitar en lo posible suelos pantanosos.
- Evitar en lo posible suelos rocosos.

140218	Rev									
--------	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--

- Evitar en lo posible terrenos con rellenos no controlados, ni contaminados con escombros o basura.
- Evitar en lo posible alto nivel freático.
- Evitar en lo posible no interrumpir cauces naturales que escurren durante las lluvias que ameriten obras de protección y desvío pluvial.

**6.3.1.5 Criterio económico**

- Evitar en lo posible zonas de alta plusvalía.
- Evitar en lo posible zonas cuyas condicionantes locales encarezcan la construcción de la subestación eléctrica, por el impacto visual al entorno.
- Analizar el costo beneficio aproximado de cada una de las alternativas de los terrenos localizados, a fin de seleccionar el idóneo.

**6.3.1.6 Criterio de comunicación para voz y datos**

Cuando la comunicación de la nueva subestación eléctrica sea a través de microondas, debe contar con línea de vista hacia el área de control o repetidor existente.

En el supuesto de que no se logre lo anterior, debe desarrollarse e incluirse un proyecto de comunicaciones como parte del alcance de la subestación eléctrica a construir, considerando las obras y equipos necesarios para lograr el enlace de comunicación, apoyándose para tal fin con el área especializada en comunicaciones de la zona de distribución donde va a estar ubicada la subestación eléctrica.

**6.3.1.7 Criterio de vías de acceso vial**

Que cuente con vías de acceso, o lo más cercano a éstas (no mayor a 50 m), a fin de evitar la construcción de caminos que incrementen el costo de la subestación.

Toda subestación eléctrica debe contar con una vía de acceso bien planeada, considerando carriles de aceleración y desaceleración, sobre todo en aquellos terrenos colindantes con carreteras federales, conforme a la normatividad vigente de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) en este último caso, debe desarrollarse e incluirse un proyecto de acceso vial como parte del alcance de la subestación eléctrica a construir, considerando las obras y equipamiento necesarios, los cuales deben cumplir con la reglamentación técnica aplicable que tenga establecida la dependencia correspondiente que lo norme.

Debe evitarse la selección de terrenos en donde existan curvas horizontales o verticales en la vialidad de acceso, debido a las restricciones de visibilidad que representa para los vehículos en tránsito.

**6.3.1.8 Criterio social**

Considerar durante la localización y selección del terreno, los siguientes criterios adicionales a los establecidos por parte de las autoridades municipales, estatales o federales, en vigor.

- Alejado de distribuidoras de gas L.P. y estaciones de gasolina, al menos 50 m.
- Alejado de instalaciones de gasoductos y oleoductos, al menos 50 m.
- Alejado de zonas escolares y hospitales, al menos 50 m.
- Evitar cruces de ductos subterráneos con fibra óptica.

140218	Rev									
--------	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--



- Evitar áreas consideradas como zonas arqueológicas.
- Evitar áreas consideradas como reservas étnicas.

**6.3.1.9 Criterio ambiental**

Para la localización y selección del terreno de una subestación eléctrica se debe considerar lo establecido en el Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de evaluación del impacto ambiental, de acuerdo con lo establecido en su artículo 5, inciso K, fracciones II, III y último párrafo de dicho artículo, en el que establece que las obras referidas no requerirán autorización en materia de impacto ambiental cuando pretendan ubicarse en áreas urbanas, suburbanas, de equipamiento urbano o de servicios, rurales, agropecuarias, industriales o turísticas.

Por lo que se recomienda seleccionar aquel terreno que cumpla con dichas especificaciones, a fin de evitar el impacto ecológico permanente por la construcción de la subestación eléctrica y por consiguiente la elaboración de los estudios ambientales y su posterior evaluación por la SEMARNAT, lo cual redundará en costos y tiempos adicionales significativos.

**6.3.1.10 Criterio legal**

De preferencia se debe procurar que el terreno tenga un solo propietario para facilitar los trámites de adquisición y que su régimen de propiedad, en lo posible, no sea ejidal o comunal.

Una vez localizado y seleccionado el terreno para la construcción de la subestación eléctrica, su adquisición se debe realizar con dos años de antelación al inicio de la construcción, para permitir la obtención de los permisos respectivos (SEMARNAT, MUNICIPALES e INAH, entre otros aplicables).

**6.4 Estudios Previos**

Son aquellos estudios que deben ser ejecutados en campo, previo a la elaboración del proyecto de la subestación eléctrica de distribución, llevándose a cabo como mínimo, los siguientes:

**6.4.1 Estudios ambientales**

Los estudios ambientales son necesarios para preparar o corresponder por sí mismos a manifestaciones de impacto ambiental, informes preventivos, estudios técnicos justificativos y otros documentos especiales que requieran las autoridades de competencia en la protección ambiental, para que otorguen a CFE las autorizaciones para la construcción y operación de las subestaciones de distribución.

Respecto a la autorización en materia de impacto ambiental, el Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de evaluación del impacto ambiental, de acuerdo con lo establecido en su artículo 5, inciso K, fracciones II, III y último párrafo de dicho artículo, en el que establece que las obras referidas no requerirán autorización en materia de impacto ambiental cuando pretendan ubicarse en áreas urbanas, suburbanas, de equipamiento urbano o de servicios, rurales, agropecuarias, industriales o turísticas. Asimismo, se debe tomar en cuenta lo indicado en la sección 6.19 "Licencias y Permisos".

Si el sitio seleccionado, no se ubica en dichas áreas, la CFE, o el promovente que sea, debe elaborar una manifestación de impacto ambiental y seguir el procedimiento indicado en el capítulo III del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.

**6.4.1.1 Manifestación de impacto ambiental y estudio técnico justificativo**

La manifestación de impacto ambiental es el documento mediante el cual la CFE da a conocer, el impacto ambiental significativo y potencial que generarían las actividades de construcción y operación de una subestación eléctrica de distribución, así como la forma de evitarlo o atenuarlo en caso de que sea negativo. Esta manifestación

140218	Rev								
--------	-----	--	--	--	--	--	--	--	--

debe someterse ante la SEMARNAT, al procedimiento de evaluación de impacto ambiental, para que ésta resuelva: 1) autorizar la construcción de la subestación eléctrica de distribución en los términos y condiciones manifestados, 2) autorizar parcial o totalmente la construcción de la subestación eléctrica de distribución de manera condicionada, y 3) negar la autorización.

Se recomienda incluir en el alcance del estudio ambiental, todas las obras asociadas, a la subestación de distribución, tales como: líneas en alta y media tensión y en su caso, repetidoras de comunicación, para que quede considerada su autorización dentro del resolutivo ambiental que emita la SEMARNAT

Cuando la construcción de una subestación de distribución que requiera sujetarse al procedimiento de evaluación de impacto ambiental involucre además, el cambio de uso de suelo de áreas forestales, selvas y zonas áridas, la CFE puede presentar una sola manifestación de impacto ambiental que incluya la información relativa al proyecto. En este último caso, la CFE debe también elaborar un estudio técnico justificativo con el fin de obtener de la SEMARNAT, la autorización de cambio de uso de suelo en terrenos forestales.

En caso de aplicar permisos ambientales al proyecto de construcción de una subestación eléctrica de distribución, deben obtenerse antes de iniciar su construcción, a fin de evitar sanciones administrativas, multas o en su caso suspensión temporal o definitiva de la obra de construcción por parte de la PROFEPA.

Para realizar el trámite o trámites ambientales correspondientes ante la SEMARNAT, el ingeniero de diseño debe proporcionar al área encargada de elaborar y gestionar los estudios ambientales, la siguiente información:

- Planos de localización exacta del proyecto.
- Descripción o plano de localización de un sitio alternativo para la construcción.
- Programación general de las actividades de construcción del proyecto.
- Características del proyecto.
- Número de transformadores.
- Relación de tensión de la subestación eléctrica de distribución.
- Número de fases.
- Capacidad (MVA, Mvar).
- Número de alimentadores en A.T. y M.T.
- Trayectoria y características de salidas de circuitos de M.T. hasta su punto de transición.
- Superficie total.
- Superficie y características del cuarto de control.
- Características de diseño de la barda perimetral.
- Sistema de tierras.
- Procedimiento de construcción (que incluya la cantidad de mano de obra a utilizar, así como los turnos de las jornadas de trabajo; características y cantidad del equipo y maquinaria que se utilizará) operación y mantenimiento del proyecto.
- Características del diseño y arreglo del equipo electromecánico.

140218	Rev									
--------	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Si el proyecto de construcción y operación de una subestación de distribución fue autorizado por la SEMARNAT en materia de impacto ambiental bajo determinadas condicionantes, de resultar necesario, el ingeniero de diseño debe realizar las adecuaciones a dicho proyecto a fin de cumplir con lo establecido en éstas.

**6.4.2 Estudios geotécnicos**

Tienen como objetivo conocer las características físicas y mecánicas del subsuelo en donde se pretenda construir la subestación eléctrica de distribución.

Los estudios geotécnicos son indispensables y de primordial importancia para la elaboración del proyecto de obra civil de la subestación eléctrica de distribución, con el objeto de conocer la resistencia mecánica que ofrecerá el subsuelo a los cimientos de las estructuras desplantadas, garantizando su estabilidad, obteniendo así, un proyecto adecuado y una construcción confiable.

Para la obtención de dichos estudios, es necesario realizar trabajos de campo y de laboratorio que permitan conocer y evaluar las características que presenten los diferentes estratos que componen el subsuelo, apegándose a la especificación CFE C0000-44, Estudios geotécnicos para ingeniería de detalle en subestaciones.

Adicional a los datos que contiene el informe geotécnico derivado del estudio en cuestión, el laboratorio encargado de los trabajos debe incluir la información necesaria para proyectar las terracerías y pavimentos, debiendo proporcionar como mínimo, lo siguiente:

- Para rellenos o terraplenes se debe apegar a la Norma N-CMT-1-01/02 de la SCT en el título “Materiales para terraplén”, contenido en el Libro “CMT. Características de los materiales”, debiendo agregar las especificaciones técnicas que resulten necesarias para lograr la compactación del material.
- Ubicación del banco de préstamo para rellenos o terraplenes no compensados (recomendable).
- Espesor de la capa y grado de compactación recomendable.
- Valor relativo de soporte (VRS) para el diseño de pavimentos.

Con base en los resultados obtenidos en el informe geotécnico de los sondeos exploratorios, se procede a determinar el tipo de cimentación que resulte más adecuada para las estructuras mayores, menores y diferentes edificaciones, de acuerdo con la especificación CFE JA100-65 Cimentaciones para estructuras de subestaciones eléctricas.

Entre los datos más relevantes que se obtienen a través del estudio geotécnico, son:

- Profundidad de desplante (Df), en metros.
- Ancho y tipo de zapata (B), en metros.
- Capacidad de carga del terreno (qu), en ton/m<sup>2</sup>.
- Estratigrafía del terreno para definición de cimentaciones tipo.

**6.4.3. Estudio topográfico**

Tienen por objeto conocer los desniveles que presenta el terreno, verificar su geometría y localización. El ingeniero de diseño puede obtener del documento oficial “Deslinde catastral”, la siguiente información planimétrica del terreno:

140218	Rev									
--------	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--

- Ubicación de coordenadas geodésicas.
- Polígono del predio.
- Superficie del predio.
- Cuadro de construcción (rumbos, distancias, ángulos, proyecciones y superficies).
- Indicación del norte.
- Localización general.
- Colindancias.

La información faltante, debe obtenerse a través del levantamiento topográfico en mención:

- Un banco de nivel inamovible y referenciado al INEGI o catastro entre otros.
- Escurrimiento pluvial natural.
- Tipo de suelo.
- Colindancias del terreno a levantar.
- Antecedentes pluviales del predio.
- Tipo de vegetación existente.
- Sentido del escurrimiento pluvial.
- Arroyos (ancho y profundidad).
- Instalaciones existentes (postes, calles y banquetas, casas, subestaciones y líneas eléctricas, entre otros).
- Rutas de acceso vial.
- Levantamiento topográfico necesario para el diseño de caminos de acceso vial.
- Las curvas de nivel se deben obtener con una separación a cada 1 m, cuando el desnivel del punto A al punto B es menor o igual a 1 m. Cuando sea mayor, se debe obtener a cada 3 m.
- Las secciones transversales se levantan conforme a la topografía del terreno natural.
- Si la topografía es accidentada en más de un 6 % de pendiente, las secciones se deben levantar a cada 5 m.
- Si la topografía se encuentra con una pendiente entre el 4 % y el 6 %, las secciones se deben levantar a cada 10 m.
- Si la topografía tiene una pendiente uniforme e inferior al 4 %, las secciones se deben levantar a cada 20 m.

140218	Rev									
--------	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--

- Si la topografía tiene una pendiente accidentada, presenta detalles topográficos irregulares y su pendiente es menor al 4 %, se obtienen los levantamientos para la sección transversal, no importando el cadenamamiento.
- Planos donde indique los escurrimientos pluviales dentro y fuera del predio y sus alternativas de solución.

Dicha información debe formularse y presentarse en formato impreso en hojas tamaño 60 cm x 90 cm y digital. Debe contener como mínimo, lo siguiente:

Contenido del plano topográfico.

- Cuadro de construcción de linderos de la propiedad. En este deben aparecer las distancias y rumbos de las líneas que forman el polígono del terreno así como las coordenadas de cada vértice y la superficie del terreno. Indicar si hay mojoneras en los vértices.
- El plano se dibuja tomando como base un sistema de coordenadas UTM o cartesianas en el que las abscisas representan la dirección este-oeste (E-W) de la planta; y el eje de las coordenadas tienen la dirección norte-sur (N-S), se tomara el origen de las coordenadas más conveniente, de manera que en cualquier punto de la planta tengan siempre coordenadas positivas.
- Curvas de nivel.
- Otras referencias como son: construcciones aledañas, vías de comunicación, ríos, canales, arroyos, vegetación, entre otras.
- Bancos de nivel con su localización respectiva.
- Indicación del norte astronómico, del norte magnético y de la declinación de la subestación eléctrica de distribución.
- Secciones transversales típicas de canales, ríos, vías férreas y carreteras, cercanas o colindantes que ameriten ser consideradas en el diseño de la Subestación Eléctrica de Distribución.

Dibujo

- El sistema de coordenadas se representara marcando distancias equidistantes a cada 5 ó 10 m, conforme a la orografía existente del terreno, usando la escala adecuada. Estas distancias se marcaran encuadrando el plano topográfico.
- Los vértices de los límites de propiedad se indicaran por medio de un círculo pequeño con un punto en el centro. Cada uno de estos vértices se le asignara un número indicado en el cuadro de construcción.
- Se deben diferenciar las curvas maestras de las intermedias, dando mayor intensidad a las curvas maestras. Dependiendo de lo accidentado del terreno, las curvas se dibujan a equidistancias verticales de 0.5, 1, 5 y 10 m.
- Las curvas de nivel se deben interrumpir en lugares visibles para intercalar las cotas correspondientes.

Ver anexos 6.4.3.1 y 6.4.3.2, como referencia.

140218	Rev									
--------	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--

**6.4.4 Estudio de resistividad del terreno**

Este estudio se refiere a la medición de resistividad de terreno en el sitio donde el sistema de la red de tierra deba ser localizado, con el propósito de determinar la resistividad en sus condiciones naturales y calcular la resistividad definitiva del terreno; siendo esto la base para el diseño de la red de tierra de la subestación eléctrica de distribución (ver sección 6.11 de este manual).

El procedimiento para la obtención de la resistividad de terreno debe estar de acuerdo a la norma de referencia NRF-011-CFE "Sistema de tierra para plantas y subestaciones eléctricas".

La Tabla 1, desarrollada por Rudenberg, indica los valores representativos de resistividad para diferentes tipos de terreno, la cual se muestra a continuación:

**TABLA 1 - Resistividad del terreno**

Tipo de tierra	Resistividad del terreno $\Omega - m$
Terreno orgánico mojado	10
Terreno húmedo	$10^2$
Terreno seco	$10^3$
Cama de piedra	$10^4$

**Donde:**

$10^2 = 100$   
 $10^3 = 1000$   
 $10^4 = 10000$

**6.5 Terracerías**

En base al estudio geotécnico, levantamiento topográfico, nivel de piso terminado (N.P.T.) deseado y la disposición o ubicación física de los elementos o componentes, que integran la subestación eléctrica, se desarrolla el proyecto de terracerías, para determinar los volúmenes de corte o relleno del terreno buscando en lo posible el menor costo por movimiento de tierras.

El proyecto de terracerías tiene como fin mejorar las condiciones físico - mecánicas del suelo, para obtener una plataforma uniforme donde los elementos de la subestación eléctrica se apoyen sobre un terreno estable, seguro y confiable.

El ingeniero de diseño debe indicar en los planos de proyecto de terracerías el corte o relleno del terreno a realizar en cada una de las secciones del proyecto topográfico, indicando como mínimo, las siguientes cotas de nivel: del terreno natural (N.T.N.), después de desmonte (N.D.Dm.), después de despalme (N.D.Dp.), después de corte (N.D.C.), después de relleno por cada tipo de material a utilizar, pudiendo ser con material producto de excavación (N.R.E.), con material de préstamo en greña (N.R.G.), con material de préstamo calidad sub-base (N.R.S.), con material de préstamo calidad base (N.R.B.) o el material que el proyectista considere conveniente por cuestiones técnicas o económicas. Finalmente debe indicar la cota de terracería terminada (N.T.T.).

Cuando el producto de corte, de acuerdo al estudio geotécnico sea susceptible de uso como terraplén, se debe buscar en lo posible que éste sea suficiente para su utilización, a fin de aprovechar al máximo el material, evitando de esta manera el acarreo de materiales de bancos de préstamo.

En los casos en los cuales el material de corte no sea susceptible de uso, se deben buscar las mejores alternativas favoreciendo los cortes a los rellenos, siempre que esto sea técnicamente factible.

Tratándose de zonas inundables, se recomienda que el nivel de terracerías sea al menos igual que el nivel de carretera o camino adyacente, para evitar la inundación de las instalaciones, por lo que se debe investigar los niveles históricos de aguas máximas, para tomarlo como referencia en el proyecto.

140218	Rev									
--------	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--



El grupo de actividades que comprenden este capítulo son:

**6.5.1 Desmante**

Es la actividad de remover y retirar la capa de vegetación existente en el predio donde se va a proyectar la subestación eléctrica, con el objeto de eliminar todo aquel material vegetal u orgánico que pueda afectar la cimentación de estructuras o la base de desplante de los terraplenes, conforme a lo aplicable en la norma N.CTR.CAR.1.01.001/00 de la SCT, en el espesor que recomiende el estudio geotécnico y respetando las cotas del N.T.N. y N.D.Dm.

**6.5.2 Despalle**

Es la remoción del material superficial del terreno natural, con objeto de evitar la mezcla de material de las terracerías con materia orgánica o con depósito de material no utilizable existente en el área del predio donde se va a proyectar la subestación eléctrica, cumpliendo con los lineamientos de protección ambiental, aplicable en esta etapa. Su espesor debe ser el que recomiende el estudio geotécnico y respetando las cotas del N.D.Dm. y N.D.Dp.

**6.5.3 Corte**

Son las excavaciones ejecutadas a cielo abierto en el terreno natural, en ampliación de taludes, en terraplenes existentes o en derrumbes, con el objeto de preparar y formar la sección de la obra, de acuerdo a las cotas de nivel de corte N.D.C. indicado en el proyecto de terracerías.

En la integración de esta actividad al catálogo de conceptos, debe indicarse que durante su ejecución, se debe cumplir en lo aplicable en la Norma N.CTR.CAR.1.01.003/11, "Cortes", emitida por la SCT.

El ingeniero de diseño debe indicar en esta actividad, el tipo de material a cortar el cual se define en el estudio geotécnico, correspondiente.

Los materiales de corte, de acuerdo con la dificultad que presenten para su extracción y carga, se clasifican tomando como base los tres tipos siguientes:

Equivalencia, según el tipo de suelo entre la especificación CFE C0000-44 + en lo aplicable en la norma N.CTR.CAR.1.01.003/11, "Cortes", emitida por la SCT.

Suelo Tipo I + Suelo Tipo A.

CFE (Tipo I).- Suelo que por sus características de dureza puede ser excavado con pala de mano o herramienta similar.

SCT (Tipo A).- Es el suelo blando o suelto, poco o nada cementado, con partículas hasta de 7.6 cm (3 pulgadas).

Los materiales más comúnmente clasificables como material tipo I son los suelos agrícolas, los limos y las arenas, excavados con pala de mano o herramienta similar, sin embargo pueden ser eficientemente excavados utilizando maquinaria cuando se trate de volúmenes mayores, tales como tractores empujadores D5C, D6R o similar, retroexcavadoras todos estos se pueden utilizar para obtener mayores rendimientos.

Suelo Tipo II y IIA + Suelo Tipo B.

CFE (Tipo II).- Suelo que por sus características de dureza requiere para su excavación la utilización de pico y pala.

140218	Rev								
--------	-----	--	--	--	--	--	--	--	--

CFE (Tipo IIA).- Suelo que contenga boleos o que por sus características de dureza requiera para su excavación la utilización de barretas y/o rompedoras.

SCT (Tipo B).- Se consideran como material tipo II y II A las piedras sueltas menores de 75 cm y mayores de 7.6 cm (3"). Los materiales más comúnmente clasificables como material Tipo II y II A son las rocas muy alteradas, conglomerados medianamente cementados, areniscas blandas y tepetates. Pueden ser eficientemente excavados utilizando maquinaria cuando se trate de volúmenes mayores, tales como excavadoras sin martillo y retroexcavadoras estos se pueden utilizar para obtener mayores rendimientos.

Suelo Tipo III + Suelo Tipo C.

CFE (Tipo III).- Material que para su excavación requiera la utilización de explosivos.

SCT (Tipo C).- Se consideran como material Tipo III las piedras sueltas con una dimensión mayor de 75 cm. Entre los materiales clasificables como material Tipo III se encuentran las rocas basálticas, las areniscas y conglomerados fuertemente cementados, calizas, riolitas, granitos y andesitas sanas. Cuando no se permita el uso de explosivos, pueden ser eficientemente excavados utilizando maquinaria tales como excavadoras con martillo y retroexcavadoras.

#### **6.5.4 Relleno**

Es la actividad a través de la cual se lleva a cabo el relleno del terreno con material producto de corte o préstamo de banco, que tienen como fin alcanzar el N.T.T. de acuerdo al proyecto de terracerías, que debe ofrecer condiciones de estabilidad y de soporte para las estructuras de la subestación eléctrica.

En el proyecto de terracerías se establecen las cotas de nivel de relleno con material producto de excavación (N.R.E.), con material de préstamo en greña (N.R.G.), con material de préstamo calidad sub-rasante (N.R.SR.), sub-base (N.R.S.) o base (N.R.B.); y finalmente se debe indicar la cota de terracería terminada (N.T.T.), según sea el caso.

Por lo que en la integración de esta actividad al catálogo de conceptos, se debe especificar:

- Porcentaje mínimo de compactación.
- Tipo de material a utilizar en el relleno.
- Espesores máximos de las capas a compactar, según recomendación del estudio geotécnico.

Los materiales que se emplean en la construcción de los rellenos se clasifican de la siguiente manera:

- a) Material compactable.- Son los fragmentos de rocas muy alteradas, conglomerados medianamente cementados, areniscas blandas y tepetates.
- b) Material no compactable.- Son los fragmentos de roca proveniente de mantos sanos, tales como: basaltos, conglomerados fuertemente cementados, calizas, riolitas, granitos andesitas entre otras.

Mediante un estudio geotécnico se establece de donde se va a proveer el material a utilizarse en el relleno, el cual puede ser producto de cortes, préstamos de banco o ambos, así como su acomodo, espesores y grados de compactación recomendables, que deben obtenerse empleando la maquinaria y equipo apropiados, cumpliendo con lo aplicable en las Normas N.CTR.CAR.1.01.009/11, "Terraplenes" y/o N.CTR.CAR.1-04-002/11 "Sub-bases y bases" emitidos por la SCT. Cuando en el proyecto y su estudio geotécnico no se especifique la localización de los bancos, estos deben ser solicitados como parte del alcance de los trabajos del contratista.

140218	Rev									
--------	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--



**6.5.5 Mejoramiento y estabilización de suelos mediante enzimas orgánicas**

Cuando el suelo presente en el sitio donde se va a construir la subestación, tenga alto contenido arcilloso o no posea las propiedades adecuadas para su uso como relleno o como desplante de los pisos terminados y aunado a ello el acarreo de material de banco encarezca los trabajos, se puede optar por el uso de enzimas orgánicas que mejoren las características mecánicas para la estabilización del suelo, previo estudio correspondiente.

La aplicación de las enzimas orgánicas se realizan conforme lo indique el proveedor del producto, cuidando la óptima homogenización con el suelo, mediante el escarificado y acamellonado adecuado.

**6.5.6 Contenido de planos de terracerías**

- Este plano debe contener las curvas de nivel y vértices obtenidos del plano topográfico.
- Proporcionar localización y nivel de terracería terminada (N.T.T.) de las diferentes áreas de la subestación eléctrica, tales como: caseta, caminos, áreas eléctricas, bardas, entre otros.
- Indicar y localizar las secciones a cada 10 m en el sentido del escurrimiento pluvial.
- Acotar y referenciar los límites de la plataforma con respecto de los vértices de la poligonal.
- Indicar los volúmenes de obra siguientes: despalme, corte, terraplén, escarificado, material de banco, acarreos, entre otros.
- En las notas generales se debe hacer referencia a las normas de construcción indicadas en esta sección, para el desmonte y despalme, corte, escarificado y terracerías, así como al estudio geotécnico.
- Indicar las pendientes en las plataformas.
- Indicar la inclinación de taludes, por ejemplo ½:1, 2:1, entre otras.

Ver los anexos 6.5.5.1 y 6.5.5.2 como referencia.

**6.6 Cimentaciones**

**6.6.1 Características de las subestaciones eléctricas de distribución**

Es un conjunto de elementos estructurales diseñados para resistir y transmitir al terreno natural las cargas provenientes por el peso propio de las estructuras metálicas mayores y menores, así como de los equipos y accesorios que sostienen, incluyendo las cargas por la acción del viento, sismo y hielo cuando este aplique.

Las estructuras metálicas mayores son aquellas estructuras a base de marcos metálicos que tienen como fin sostener cables de energía eléctrica, equipos y accesorios.

Mientras que la estructuras metálicas menores son aquellas que tienen como fin sostener el equipo primario diverso de la subestación de distribución, siendo algunos de estos: cuchillas, apartarrayos, interruptores, aisladores soporte, trampas de onda, transformadores: de corriente, de potencial capacitivo o potencial inductivo.

El ingeniero de diseño encomendará a un especialista en cálculo estructural, cuando así lo requiera, realizar el análisis estructural para determinar el diseño de cada uno de estos elementos estructurales; debiendo proporcionarle los resultados obtenidos en el estudio geotécnico, los planos de proyecto topográfico y terracerías.

140218	Rev									
--------	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Para efecto de llevar a cabo el análisis y diseño estructural de cada uno de los elementos que componen la subestación de distribución, el especialista en cálculo estructural debe cumplir con los lineamientos técnicos y de calidad definidos en las especificaciones CFE JA100-65 Cimentaciones para Estructuras de Subestaciones Eléctricas y CFE JA100-57 Estructuras Metálicas Mayores y Menores para Subestaciones, de acuerdo a lo descrito en la Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto.

En el caso de subestaciones blindadas en SF<sub>6</sub>, además se debe cumplir con lo indicado en las especificaciones CFE VY200-40 Subestaciones Blindadas en Gas SF<sub>6</sub> de 72.5 kV a 420 kV.

Para la Subestación Blindada en Gas SF<sub>6</sub> la cimentación o base para recibirla debe ser diseñada y construida con base a la información que proporcione el fabricante de la misma, como son: dibujos, planos, datos relativos a pesos y dimensiones, detalles de anclaje, tolerancias para desplazamientos verticales, entre otros; de tal manera que se evite realizar modificaciones relevantes durante la colocación de este equipo.

Como resultado del análisis y diseño estructural, el especialista en cálculo estructural debe entregar la documentación indicada en el punto 8.2.2 de la especificación CFE JA100-57 Estructuras Metálicas Mayores y Menores para Subestaciones.

La memoria de cálculo debe contener como mínimo lo siguiente:

- Parámetros de diseño.
- Resistencia de los materiales de diseño.
- Dimensiones generales y particulares de las estructuras.
- Espesor de recubrimiento del acero.
- Profundidad de desplante.
- Determinación de las cargas estáticas y dinámicas del equipo.
- Determinación de las cargas accidentales (sismo, viento y nieve).
- Cálculo del asentamiento límite u otros movimientos.
- Revisión de la seguridad contra fallas al corte último.
- Consideración del servicio y durabilidad de los materiales.
- Determinación de los costos de la construcción y de mantenimiento futuro.

### 6.6.2 Clasificación de las cimentaciones

Las cimentaciones se clasifican de acuerdo a su profundidad de desplante y tipo de terreno, de la siguiente manera:

- Cimentaciones superficiales,  $D_f / B < 4$ .
- Cimentaciones profundas  $D_f / B > 10$ .
- Cimentación de tipo semi-profunda, cuando  $4 \leq D_f / B \leq 10$ .
- Cimentaciones en suelos corrosivos, con altos contenidos de sulfuros y cloruros.

140218	Rev									
--------	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Donde:

- Df Profundidad de desplante del cimiento
- B Ancho del área de contacto de la cimentación

### 6.6.3 Concreto en cimentaciones de subestaciones eléctricas de distribución

Se le llama concreto a la mezcla de materiales pétreos finos (arenas) y gruesos (rocas de 19 mm o 38 mm de diámetro) con agua y cemento, cuyas cantidades y proporcionamientos tienen como fin obtener la resistencia a la compresión requerida en la memoria de cálculo y planos de proyecto estructurales.

El concreto debe cumplir con la especificación CFE C0000-15 Concreto para la Construcción de Estructuras y Cimentaciones de Subestaciones Eléctricas de Potencia y Líneas de Transmisión.

Para seleccionar el tipo de cemento a utilizar en el concreto, el especialista en cálculo estructural, debe tomar en consideración lo indicado en la tabla 2:

**TABLA 2 - Características y aplicaciones para diferentes tipos de cemento portland**

Producto.	Normas de calidad.	Características y Campos de Aplicación.
Cemento Portland Ordinario (CPO)	NMX-C-46-ONNCCE-2004	El Cemento Portland Ordinario es excelente para construcciones en general, columnas, trabes, castillos, dalas, muros, losas, pisos, pavimentos, guarniciones, banquetas, muebles municipales (Bancas, mesas, fuentes, escaleras), entre otros. Ideal para la elaboración de productos prefabricados (Tabicones, adoquines, bloques, postes de luz, lavaderos, balastradas, entre otros.)
Cemento Portland Compuesto (CPC)	NMX-C-46-ONNCCE-2004	Presenta excelente durabilidad en prefabricados para alcantarillados y a los concretos les proporciona una mayor resistencia química y menor desprendimiento de calor. Este cemento es compatible con todos los materiales de construcción convencionales como arenas, gravas, piedras, cantera, mármol, entre otros.; así como con los pigmentos (preferentemente los que resisten la acción solar) y aditivos, siempre que se usen con los cuidados y dosificaciones que recomienden sus fabricantes.
Cemento Portland Puzolánico (CPP)	NMX-C-46-ONNCCE-2004	Ideal para la construcción de zapatas, pisos, columnas, castillos, dalas, muros, losas, pavimentos, guarniciones, banquetas, muebles municipales (Bancas, mesas, fuentes, escaleras), entre otros. Especialmente diseñado para la construcción sobre suelos salinos. El mejor para obras expuestas a ambientes químicamente agresivos. Alta durabilidad en prefabricados para alcantarillados, brocales para pozos de visita, coladeras pluviales, registros y tubería para drenaje.
Cemento Portland Ordinario Blanco (CPOB)	NMX-C-46-ONNCCE-2004	Excelente para obras ornamentales o arquitectónicas como fachadas, monumentos, lápidas, barandales, escaleras, etc. Gran rendimiento en la producción de mosaicos, terrazos, balastradas, lavaderos, W.C. rurales, tirolés, pegazulejos, junteadores, entre otros. En fachadas y recubrimiento de muros, ahorra gastos de repintado. Este producto puede pigmentarse con facilidad; para obtener el color deseado se puede mezclar con los materiales de construcción convencionales, siempre y cuando estén libres de impurezas. Por su alta resistencia a la compresión tiene los mismos usos estructurales que el cemento gris.
Cemento Portland Ordinario Resistente a los Sulfatos (CPO RS)	NMX-C-46-ONNCCE-2004	El Cemento Portland Ordinario Resistente a los sulfatos proporciona mayor resistencia química para concretos en contacto con aguas o suelos agresivos (aguas marinas, suelos con alto contenido de sulfatos o sales), recomendable para la construcción de presas, drenajes municipales y todo tipo de obras subterráneas.
Cemento para albañilería (Mortero)	NMX-C-021-ONNCCE-2004	Diseñado especialmente para trabajos de albañilería: junteo o pegado de bloques, tabiques, ladrillos, piedra y mampostería; aplanado, entortado, enjarres, repellados y resanes; firmes, plantillas y banquetas. No se debe utilizar en la construcción de elementos estructurales.

140218	Rev									
--------	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--

**6.6.4 Planos anexos de subestación eléctrica de distribución de bajo perfil**

Para este capítulo se realizó el cálculo y diseño de todas las cimentaciones de estructuras metálicas mayores y menores de una subestación eléctrica de distribución de bajo perfil, cuyos parámetros de diseño fueron los siguientes:

- Capacidad de carga del terreno = 1 kg/cm<sup>2</sup>,
- Velocidad regional del viento = 160 km/h,
- Periodo de retorno = 100 años,
- Zona sísmica = D,
- Terreno tipo = III,
- Estructuras del grupo = A,
- Coeficiente sísmico = 0.1

- Anexo 6.6.4.1 Cimentación estructura tipo celosía.
- Anexo 6.6.4.2 Cimentación banco de capacitores de M.T.
- Anexo 6.6.4.3 Cimentación notas generales, materiales, anclajes y traslapes.
- Anexo 6.6.4.4 Cimentación tipo pedestal T.S.P.
- Anexo 6.6.4.5 Cimentación torre de comunicaciones arriostrada.
- Anexo 6.6.4.6 Cimentación transformador de potencia.
- Anexo 6.6.4.7 Criterios generales de cálculo.
- Anexo 6.6.4.8 (1) Diseño por viento cimentaciones menores.
- Anexo 6.6.4.9 (2) Diseño por viento cimentaciones menores.
- Anexo 6.6.4.10 Diseño por sismo cimentaciones menores.
- Anexo 6.6.4.11 Cálculo para pilas.
- Anexo 6.6.4.12 Revisión estructuras metálicas.

Si las condiciones en el área donde se pretende construir la subestación eléctrica de distribución de bajo perfil resultan más desfavorables que los parámetros antes descritos, se deben revisar las cimentaciones por un especialista en cálculo estructural.

**NOTA 1:** En todas las cimentaciones sobresalientes al piso terminado se le debe aplicar como acabado pintura de color amarillo 17, conforme a la especificación CFE L0000-15 Código de Colores.

**6.6.5 Planos anexos de subestación blindada en SF<sub>6</sub>**

Los planos de cimentación pueden ser realizados y calculados por parte del fabricante, cuando así lo disponga el alcance de la adquisición del equipo.

140218	Rev								
--------	-----	--	--	--	--	--	--	--	--

Los siguientes planos anexos tipo, fueron calculados con los siguientes parámetros para una subestación blindada en SF<sub>6</sub>.

- Capacidad de carga del terreno = 1.00 kg/cm<sup>2</sup>,
- Velocidad regional del viento = 160 km/h,
- Periodo de retorno = 200 años,
- Estructuras del grupo = A,
- Coeficiente sísmico = 0.50 (Según norma de referencia NRF-022)

- Anexo 6.6.5.1 Cimentación de transformador de potencia
- Anexo 6.6.5.2 Cimentación torre de comunicaciones (cuando aplique)
- Anexo 6.6.5.3 Cimentación de banco de capacitores
- Anexo 6.6.5.4 Cimentación de transformador de servicios propios
- Anexo 6.6.5.5 Cimentación notas generales, materiales, anclajes y traslapes.

Si las condiciones en el área donde se pretende construir la Subestación Blindada en SF<sub>6</sub> resultan más desfavorables que los parámetros antes descritos, se deben revisar las cimentaciones por un Especialista en Cálculo Estructural.

**NOTA 1:** En todas las cimentaciones sobresalientes al piso terminado se le debe aplicar como acabado pintura de color amarillo 17, conforme a la especificación CFE L0000-15 Código de Colores.

## **6.7 Bardas y Cercados**

Conjunto de elementos arquitectónicos verticales y estructurales, prefabricados o contruidos con materiales propios de la región, cuya finalidad es delimitar el predio de la subestación eléctrica.

La función principal es:

- 1.- Delimitar el predio de la subestación eléctrica.
- 2.- Resguardar la subestación eléctrica del vandalismo.
- 3.- Mitigar el impacto auditivo por la emisión de ruidos e impacto visual que se generen por la operación de la subestación eléctrica.
- 4.- Evitar la entrada de personas y vehículos ajenos a CFE.
- 5.- Proteger la entrada de la fauna propia de la región.

El diseño de una barda para la subestación eléctrica, obedece primordialmente a la topografía y características del terreno, así como de su ubicación.

La subestación eléctrica que se ubique en área urbana o suburbana, debe tener una barda con una altura recomendable de 3 m, salvo que las condiciones orográficas del sitio motiven una altura diferente, anteponiendo siempre la seguridad de la subestación. La barda debe ser acorde al entorno arquitectónico de la zona.

140218	Rev									
--------	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--

En el caso de subestaciones eléctricas blindadas en gas SF<sub>6</sub> invariablemente deben de bardearse en todo su perímetro.

**6.7.1 Elementos estructurales en bardas**

Con la intención de plantear un diseño estructural adecuado para cada proyecto de bardas es necesario contar previamente con el estudio geotécnico del suelo, que nos permita conocer sus propiedades físicas, químicas y mecánicas, información que, aunada al conocimiento de los niveles freáticos, serán la base sobre la cual se planteará el diseño de su cimentación.

El diseño de la cimentación de la barda de las subestaciones eléctricas debe ser resuelto por un especialista en cálculo estructural, a quien necesariamente deberá proporcionársele, adicionalmente a la información detallada en el párrafo anterior, el estudio topográfico, el proyecto de terracerías y el diseño arquitectónico de la barda.

El especialista en cálculo estructural será el responsable de aplicar los criterios indicados en la sección “6.6 Cimentaciones” del presente Manual, así como los reglamentos de construcción y las normas técnicas complementarias que apliquen, y que le permitan justificar la solución de cimentación que elija para cada caso y que pudieran ser entre otros: zapatas aisladas, zapatas corridas, pilas o pilotes.

Los elementos que rigidizan las bardas, tales como castillos, dalas y cadenas, deberán ser de concreto reforzado, cuyas dimensiones, resistencia y área de acero deberán plantearse en función del análisis que el especialista en cálculo estructural realice.

Ver anexo 6.7.1.1 Cimentaciones para bardas.

**6.7.2 Muros en bardas**

Para la construcción de muros, éstos deben ser de tabicón, bloque de concreto sólido, tabique de barro rojo recocido, o elementos prefabricados de concreto reforzado. El ancho mínimo de la barda debe ser de 14 cm.

También se pueden utilizar materiales propios de la región o área donde se construya la subestación eléctrica, siempre y cuando dichos materiales cumplan con la norma mexicana NMX-C-404-ONNCCE Bloques, Tabiques o Ladrillos y Tabicones para Uso Estructural.

Como protección adicional al vandalismo, se debe incluir en la parte superior del muro la instalación de bayonetas con alambre de púas y obstáculos de cuchillas (concertinas de seguridad). En ciudades se recomienda el uso de elementos de seguridad con menor impacto visual, como sistemas modulares prefabricados de acero con puntas punzocortantes de alta calidad.

Ver anexo 6.7.2.1 Barda y elementos de seguridad.

**6.7.3 Portones vehiculares**

Son elementos que por condiciones operativas y de seguridad, restringen el acceso de personas y vehículos a las instalaciones de la subestación eléctrica.

Para el diseño de los portones se debe considerar como mínimo:

1. Bisagras forjadas con rodamientos.
2. Rodajas en la base de cada hoja para facilidad de abatimiento, con la finalidad de evitar desplomes y desajustes que entorpezcan su correcto funcionamiento.
- 3.- Incluir picaporte de seguridad para ambas hojas.
- 4.- Pasador y porta candado en la parte interior de la subestación eléctrica.

140218	Rev									
--------	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--



- 5.- Chapa de alta seguridad en la puerta hombre.
- 6.- Detalles de anclaje a la estructura de la barda.
- 7.- Pintura para protección de los perfiles de acero, de conformidad con la ubicación geográfica de la subestación eléctrica, fundamentados en las especificaciones CFE D8500-01 Guía para la selección y aplicación de recubrimientos anticorrosivos y CFE D8500-02 Recubrimientos anticorrosivos.

Ver anexo 6.7.3.1 Portón de acceso

#### **6.7.4 Cercas**

La cerca perimetral para la subestación eléctrica puede ser de malla ciclónica o malla de seguridad triple nudo.

El objetivo principal es delimitar exclusivamente el área total del predio de la subestación eléctrica, evitando la invasión al predio de personas y vehículos ajenos a CFE y no debe utilizarse para delimitar el área eléctrica de una subestación.

La subestación eléctrica, ubicada en áreas donde se perciban indicios de vandalismo, se debe instalar una concertina para brindar mayor seguridad con este tipo de cercado.

Ver anexo 6.7.4.1 Barda y Cercado "Detalles Constructivos"

#### **6.7.5 Información que debe incluir el ingeniero de diseño en los planos de proyecto:**

- 1.- Planta general de la subestación eléctrica.
- 2.- Cortes por fachada, con referencia de niveles de desplante de los muros.
- 3.- Ejes y cotas de las secciones de barda.
- 4.- Diseño acorde al entorno arquitectónico del lugar.
- 5.- Adecuación a la topografía del terreno.
- 6.- Detalles arquitectónicos.
- 7.- Detalles de cimentación y elementos estructurales derivados del cálculo y diseño estructural elaborado por el especialista en cálculo estructural, con especificaciones particulares de acuerdo al caso.
- 8.- Portón de acceso normalizado.
- 9.- Letrero de identificación de la subestación eléctrica.

#### **6.8 Ubicación de Ejes**

La ubicación de los ejes de construcción es un factor determinante en el diseño de una subestación eléctrica de distribución, ya que de ello depende la factibilidad de futuros crecimientos de la instalación, considerando el uso racional y optimización de la superficie del terreno.

En los arreglos incluidos en la presente especificación técnica, la disposición de los ejes de construcción se rige en las limitantes particulares de los equipos o el tipo de estructuras a utilizar de conformidad con las bases de proyecto, a fin de determinar el espaciamiento óptimo en la disposición de los ejes de referencia, considerando

140218	Rev									
--------	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--

las distancias de seguridad y espacios necesarios para la ejecución de maniobras de instalación y el retiro de los equipos utilizados en los arreglos propuestos.

**6.8.1 Generalidades**

La orientación de las áreas que integran el arreglo físico de la subestación, debe disponerse de forma estratégica que permita la ubicación de las estructuras y equipos, facilitando las maniobras de instalación, mantenimiento o sustitución del equipo primario o de una subestación móvil en caso necesario, así como la previsión futura de ampliación de circuitos y líneas en alta y media tensión, aéreas o subterráneas.

**6.8.2 Distribución del área**

Dentro de este término se alude a la disposición física de las bases y estructuras que integran los arreglos físicos de una subestación eléctrica de distribución en sus diferentes áreas, dentro de las que se pueden distinguir las siguientes:

**6.8.3 Ubicación del eje para acometida de la línea o líneas de A.T. aéreas y subterráneas**

Para las acometidas aéreas se debe utilizar estructuras de doble circuito. Para las áreas urbanas se deben considerar la utilización de postes de acero. Para el caso acometida subterránea se debe considerar el espacio para el banco de ductos y registros de potencia para doble circuito.

**6.8.4 Ubicación de ejes en área de A.T.**

Para las acometidas aéreas, el área de alta tensión debe estar ubicada de manera que permita una circulación de vehículos entre la bahía eléctrica y la barda perimetral.

Para la subestación blindada en gas SF<sub>6</sub> el edificio que la resguarda debe ubicarse frente al área de transformación, con el objeto de que el bus de interconexión no sea muy extenso.

**6.8.5 Ubicación de ejes en área de transformación**

La distancia del área de transformación a la barra de A.T. debe estar lo más cerca posible, la ubicación del transformador de potencia debe ser de tal manera que se tenga la vialidad principal del acceso de la subestación directa hacia su posición, con el fin de realizar una maniobra fácil de instalación, sustitución y mantenimiento y prever la instalación de un segundo transformador de potencia.

Así mismo debe ubicarse lo más cerca posible a la caseta de control. La combinación de esta área con la de alta tensión es muy importante ya que permitirá definir un espacio disponible para la instalación de una subestación móvil.

**6.8.6 Ubicación de ejes para banco de capacitores de M.T.**

Para la ubicación del banco de capacitores en media tensión, se recomienda su instalación en un lugar de la subestación eléctrica de distribución que no interfiera con los accesos, maniobras o crecimiento de la subestación y conectarlo con cable de potencia. Debido a la altura de este equipo, debe estar retirado de la barda para mejorar el impacto social y visual.

**6.8.7 Ubicación de ejes para salida de los circuitos de M.T.**

Las salidas de los circuitos de media tensión deben ser del tipo subterráneo, para evitar el impacto visual por congestión en cantidad de estructuras en las salidas de los circuitos. Se debe evitar construir registros contiguos en el límite interior de la barda perimetral, se debe ubicar el registro en la parte externa del predio. En la construcción de los registros y bancos de ductos se debe prever la ubicación de los mismos considerando el crecimiento de registros y ductos de un segundo banco, en algunas ocasiones tomando en cuenta un

140218	Rev								
--------	-----	--	--	--	--	--	--	--	--



crecimiento a corto plazo, es recomendable dejar preparada la construcción para la salida de los circuitos de dos bancos.

**6.8.8 Ubicación de ejes para caseta**

La caseta de control debe ubicarse próxima y paralela a la barda perimetral de la subestación, con ubicación frente al área de transformación, y en el lado opuesto a donde se prevé el crecimiento de esta instalación, debe instalarse en un lugar en donde se facilite la salida de los circuitos de media tensión y que permita el crecimiento de la instalación y de la propia caseta.

**6.8.9 Ubicación de ejes para torre de antena de radiocomunicación**

La ubicación de la antena autosoportada debe estar lo más próximo a la caseta de control, y no debe obstruir las áreas de circulación vehicular en el perímetro de la misma.

**6.8.10 Ubicación de ejes en accesos, de circulación vehicular y áreas de maniobras**

La subestación eléctrica de distribución debe contar con dos accesos estratégicamente ubicados para la ejecución de maniobras y retiro de los equipos, en condiciones de operación y mantenimiento. Así mismo debe contar con accesos interiores que permitan llegar a todos los equipos.

En el interior de la subestación referente al área de circulación vehicular y de maniobras, debe considerarse lo indicado en la sección 6.12. "Arreglos físicos para áreas normales y de contaminación".

**6.8.11 Ubicación del letrero de identificación**

El letrero de identificación debe instalarse a un costado del acceso principal.

**6.8.12 Ubicación de ejes de referencia**

Los ejes de referencia que deben existir en las áreas de alta tensión, transformación y media tensión son aquellos que consideran esencialmente las dimensiones mínimas necesarias para respetar las distancias dieléctricas entre los equipos.

En el anexo siguiente se incluye la localización de los ejes para los distintos arreglos de subestaciones aplicables en este Manual Técnico.

Anexo 6.8.12.1 Ubicación de ejes

**6.9 Caseta y Edificio SF<sub>6</sub>**

**6.9.1 Generalidades**

La caseta y el edificio para la subestación encapsulada en gas SF<sub>6</sub> han surgido de la necesidad de contar con una construcción que permita proteger y mantener en condiciones óptimas de operación los equipos y componentes de una subestación, que no debe quedar expuestos a la intemperie y a las condiciones ambientales; además que su estructura garantice su estabilidad ante esfuerzos mecánicos, asegurando la integridad de todos los equipos que aloja.

**6.9.2 Divisiones de caseta y edificio de SF<sub>6</sub>**

- a) Sala de Control: Para equipos, tableros de PCyM, control supervisorio, tablero de servicios propios de C.A. y C.D., cargadores de baterías y equipos de comunicación, entre otros.
- b) Sala de Tableros: Para Tableros de media tensión (Metal clad), exclusivamente. Debe contar con una repisa abatible, mesa o escritorio para la consulta de planos, bitácora, entre otras.

140218	Rev									
--------	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--

- c) Sala de Baterías: Para los bancos de baterías de 48 V C.D. y 125 V C.D. Esta área debe quedar aislada del resto y con acceso propio.
- d) Edificio para alojar subestación blindada en SF<sub>6</sub>: Esta área debe quedar aislada del resto y con accesos propios.

Estos espacios deben cumplir con las áreas suficientes y necesarios para el alojamiento de los citados equipos de conformidad con sus condiciones de operación especificadas.

**6.9.2.1 Caseta convencional**

Son aquellas construidas a base de muros de tabiques o bloques de concreto, dependiendo de la región, y losa de concreto armado, para su diseño se utiliza como referencia la especificación CFE C0000-13 Edificios y casetas para subestaciones eléctricas, así como los criterios que se establecen en esta sección.

Su diseño debe cumplir con las siguientes características:

- Cimentación y trincheras: de concreto reforzado diseñadas de acuerdo a la especificación CFE JA100-65 Cimentaciones para estructuras de subestaciones eléctricas.
- Firme: de concreto de acuerdo a detalle en plano.
- Estructura principal: de concreto reforzado, de acuerdo a cálculo estructural, debiendo cumplir con la especificación CFE JA100-57 Estructuras metálicas mayores y menores y sus cimentaciones para subestaciones, respectivamente.
- Muros: de mampostería, que estén comprendidos dentro de las Normas Técnicas Complementarias para el Diseño y Construcción de Estructuras de Mamposterías vigente.
- Cubierta: de concreto reforzado, pudiendo ser losa maciza, losa aligerada, vigueta y bovedilla, entre otras. Debe contar con un alero perimetral con dimensión mínima de 95 cm., provisto de gotero para evitar el escurrimiento hacia muros.

**6.9.2.2 Características generales para el diseño de la caseta y edificio para alojar SF<sub>6</sub>**

- Dimensiones: debe ser modular y prever que cubra las necesidades de espacio óptimo para albergar la disposición del o los equipos.

**Subestación de bajo perfil**

- Sala de control: 6.80 x 10 m.
- Sala de tableros: 6.80 x 18 m para un solo banco de transformación y 6 alimentadores en M.T.;  
6.80 x 32 m para dos bancos y hasta 12 alimentadores en M.T.
- Sala de baterías: 6.80 x 2 m.
- Altura: mínima en su interior de 3.50 m.

**Subestación aislada con gas SF<sub>6</sub>**

- Edificio para alojar SF<sub>6</sub>: 15 x 15 m.
- Sala de control: 18 x 7 m.

140218	Rev									
--------	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--

- Cuarto de baterías: 4 x 4 m.
- Altura: mínima en su interior de:  
Edificio para alojar SF<sub>6</sub> 6.50 m.  
Sala de control y baterías 3.50 m.
- Puertas: resistente al fuego y con barra de pánico abatibles hacia fuera, chapa de alta seguridad, con dimensiones mínimas de 1.20 m x 2.50 m cada puerta y selladas en su perímetro para evitar la entrada de polvo o insectos, así como para evitar la pérdida de climatización o la entrada de humedad. En sala de control y de baterías, considerar una sola puerta, mientras que para la sala de tableros, considerar dos puertas dobles hacia el área eléctrica, a fin de contar con la amplitud necesaria para el ingreso o retiro equipos o tableros y una puerta sencilla en la parte posterior como salida de emergencia. En todos los casos, considerar amortiguadores de retroceso, preferentemente de piso, que las mantenga cerradas y que eviten su abatimiento intempestivo provocado por vientos intensos.
- Alumbrado: fluorescente de luz blanca con luminarias de 2 W x 36 W con bastidor de montaje y suspendidas, colocadas debajo de charola.
- Alumbrado de emergencia: el cual consiste en una unidad de luz de emergencia de estado sólido con entrada de 127 V C.A., 35 W, 60 Hz, salida de 12 V C.D., 36 W, montadas en la parte superior del gabinete; incorporada a la unidad debe haber un relevador de estado sólido, el cual automática e instantáneamente conectará la carga total de las lámparas a la batería, cuando por cualquier causa exista una interrupción de la C.A., de igual forma desconectará estas lámparas en el momento en que la corriente normal es restaurada..
- Para la sala de baterías debe especificarse una lámpara a prueba de explosión. En el exterior de caseta, considerar lámparas de bajo consumo tipo "Wall-Pack", con pantalla de vidrio.
- Iluminación natural: puede considerarse la entrada de iluminación natural mediante la instalación de vitrobloc en la parte superior de muros.
- Instalaciones eléctricas: todas las instalaciones deben quedar sobrepuestas en muros y cubierta, utilizando cable del tamaño o designación necesario con aislamiento tipo THWN dentro de tubería conduit galvanizada, con apagadores y contactos dentro de cajas galvanizadas; con excepción de la sala de baterías, en la cual se debe proyectar cable antinflama, retardante al fuego y tubería conduit galvanizada pared gruesa. Las unidades de alumbrado deben ser a prueba de explosión, con apagadores y contactos en el exterior a un costado de la puerta de acceso de dicha área, de conformidad con lo establecido en la Guía CFE H1000-41 Prevención, Control y Extinción de Incendios en Subestaciones Eléctricas de Distribución.
- Acabados:
  - Caseta convencional: considerar para el firme acabado semi-pulido, pudiendo aplicar color mediante polvo o ácidos o en su caso, pintura epóxica de tipo industrial (en sitios que no existan problemas de humedad considerables). Para muros considerar enjarre con floteado fino y pintura vinílica por ambas caras; para la losa de cubierta, considerar en su interior el acabado antes mencionado, mientras que al exterior, considerar el sistema de impermeabilización a base de materiales elastoméricos (sistema en frío) con una vida útil mínima de 5 años o con el tradicional (sistema

140218	Rev									
--------	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--

caliente) y se recomienda que sean con los productos de la localidad donde se está proyectando la caseta.

- Para la utilización de cualquiera de los dos sistemas de impermeabilización, es necesario que el ingeniero de diseño considere la precipitación pluvial anual del lugar donde se ubique físicamente la subestación, que le permita seleccionar el diseño más adecuado de pendientes, entortados y chaflanes que favorezcan el desalojo del agua en la cubierta de la caseta.
- Caseta de panel aislado prefabricado: en este caso, solo aplica acabado para el firme de concreto, que puede ser similar al de la caseta convencional.
- Climatización: aplica solo para la sala de control y es justificable únicamente en zonas con alto contenido de humedad relativa superior al 70 % y temperatura superior a 30 °C; para evitar la condensación en los equipos. No se justifica sólo por alta temperatura, ya que los equipos con microprocesador durante su compra se especifica que tenga la capacidad de operar hasta 55 °C.

Se recomienda proyectar un equipo de aire acondicionado de respaldo para que opere en caso de falla del equipo principal; la capacidad de los equipos de aire acondicionado deben calcularse conforme a las condiciones climáticas de la región y dimensión de la sala de control.

- Extractores y detector de hidrógeno: aplica solo para la sala de baterías, y debe operar cuando la concentración de hidrógeno sea mayor al 1 % cuando se trate de baterías a base de plomo ácido.
- Alarmas contra intrusos: debe equiparse con sensores en puertas para que se registre cuando éstas sean abiertas, debiendo mandar la señal de alarma a su panel de control y al tablero de control para que se registre en control supervisorio.
- Alarmas contra incendio: a base de detectores de humo, enviando la señal al panel de control y tablero de control para su registro por parte de control supervisorio. Adicional a lo anterior, deben considerarse extintores manuales para incendios.
- Blindaje: debe proyectarse el aterrizamiento de todos los elementos metálicos expuestos a la malla de tierras de la subestación eléctrica, incluyendo: tableros, centros de carga, estructuras metálicas diversas, charolas, entre otros.
- Charolas: debe proyectarse un sistema de soportería (charolas), para facilitar el tendido de cable eléctrico y de control, definiendo su fijación en losa, muros y cubierta.
- Banquetas: debe considerarse en todo su perímetro, con declive para el escurrimiento pluvial.
- Fosa de cables: es el registro subterráneo ubicado en el interior de la caseta y que corre prácticamente a lo largo de la sala de tableros metal clad, que cumple con varios fines:
  - a) recibe el banco de ductos y cable de potencia proveniente del banco de transformación,
  - b) aloja en sus muros los cables de potencia hasta su llegada al punto de conexión con el tablero metal clad,
  - c) aloja en sus muros los cables de potencia provenientes del tablero metal clad correspondientes a la salida de circuitos en M.T. hasta su punto de salida,

140218	Rev									
--------	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--

- d) brindar el espacio suficiente que permita a que los técnicos trabajen dentro de ésta, durante el tendido del cable de potencia y conexiones al tablero.

**6.9.3 Planos de diseño**

Los planos de diseño de caseta son los documentos de carácter técnico, representativos del proceso constructivo del inmueble en cuestión y tienen por objeto mediante la agrupación de las diferentes disciplinas de la ingeniería y arquitectura, precisar el alcance de las diversas etapas y procesos de la edificación.

Los planos de diseño, tienen como fin conformar el proyecto ejecutivo de la caseta y edificio para alojar la subestación blindada en SF<sub>6</sub>, mediante el empleo de dibujos de: planta, elevaciones, cortes, fachadas, isométricos, diagramas, así como textos referentes a normas, especificaciones de construcción, entre otras.

Los planos que debe contener el proyecto de caseta de una subestación eléctrica, son los siguientes, siendo enunciativos más no limitativos.

**6.9.3.1 Plano arquitectónico**

Debe contener los ejes rectores que permitan realizar los trazos, incluyendo detalles de cortes y fachadas.

Anexo 6.9.3.1.1 Caseta – Plano arquitectónico.

**6.9.3.2 Plano de fachadas**

Debe indicar las alturas de la caseta, así mismo, el plano debe mostrar la localización de puertas y ventanas.

Anexo 6.9.3.2.1 Caseta – Plano de fachadas

**6.9.3.3 Plano de cimentación**

Debe mostrar los elementos estructurales necesarios que comprenden el proyecto y sus detalles (castillos, columnas, dados y trabes), así mismo, debe incluir una vista en planta, una planta de cimentación y cortes.

Anexo 6.9.3.3.1 Caseta - Plano de cimentación

**6.9.3.4 Plano de losa de azotea**

En caseta convencional, debe indicar la cantidad y distribución del acero de refuerzo a utilizar en la caseta, así como las áreas donde se utiliza concreto, debe contener vista en planta y cortes necesarios.

Anexo 6.9.3.4.1 Caseta - Plano de losa de azotea

**6.9.3.5 Plano de acabados**

Debe incluir una planta arquitectónica que indique el acabado de los elementos visibles, así como planos de planta en fachadas y corte transversal, indicando sus acabados.

Anexo 6.9.3.5.1 Caseta-Plano de acabados

**6.9.3.6 Plano de instalación eléctrica**

Debe contener una planta arquitectónica con los elementos que sirven de referencia para la correcta ubicación e instalación eléctrica (alumbrado, alumbrado de emergencia, contactos, climas, sistema contra incendio, etc.).

Anexo 6.9.3.7 Caseta - Plano de instalación eléctrica

140218	Rev								
--------	-----	--	--	--	--	--	--	--	--



**6.9.3.7 Plano de charolas**

Debe incluir una planta arquitectónica mostrando la disposición de los diferentes componentes de las charolas, incluyendo los códigos de identificación particular, ubicación de los sitios donde se van a instalar las varillas o elementos de sujeción y puntos de transición.

Anexo 6.9.3.7.1 Caseta - Plano de charolas

**6.9.3.8 Plano de ubicación de equipo**

Debe contener la distribución de los equipos eléctricos al interior de la caseta, conteniendo una vista de planta y una vista frontal.

Anexo 6.9.3.8.1 Caseta - Plano de ubicación de equipo

**6.9.3.9 Plano de detalles de equipo de fosas y registros**

Debe indicar las dimensiones del registro, las ménsulas, detalles de acometidas, fosas, fijación de tableros.

Anexo 6.9.3.9.1 Caseta-plano de detalles de equipo de fosas y registros

**6.9.3.10 Plano de red de tierra**

Debe indicar los detalles de las conexiones a tierra de los equipos eléctricos instalados dentro de la caseta, la lista de materiales y presentar una vista en planta.

Anexo 6.9.3.10.1 Caseta - Plano red de tierra

**6.9.3.11 Plano de blindaje.**

Debe indicar los detalles del blindaje de la caseta, la lista de materiales y presentar una vista en planta.

Anexo 6.9.3.11.1 Caseta - Plano de blindaje

**6.10 Red de Tierra**

En este manual técnico se establecen los conceptos y parámetros mínimos que deben considerarse en el diseño de las redes de tierra para las subestaciones que se construyan.

**6.10.1 Funciones de la red de tierra**

La red de tierra cumple tres funciones básicas en una subestación:

- a) Dar seguridad al personal que esté dentro del predio de la subestación o en su periferia, evitando la elevación de las tensiones de toque y de paso a valores peligrosos para la vida humana.
- b) Protección del equipo eléctrico, evitando que el gradiente de potencial en la subestación se eleve a valores peligrosos para el equipo al ocurrir una descarga (falla) eléctrica en la subestación.
- c) Servir como medio de aterrizamiento, para maniobras con fines de mantenimiento de equipo eléctrico.

140218	Rev									
--------	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--



**6.10.2 Políticas de seguridad**

La seguridad del personal de operación, así como de las personas que lleguen a estar en contacto con los perímetros de la subestación es el factor principal para el diseño de la red de tierra, tanto en situaciones normales como de contingencia.

Además se debe garantizar que las fallas tengan un retorno efectivo por tierra, para que los esquemas de protección actúen en el mínimo de tiempo, limitando los daños.

En general el diseño y cálculo de la red de tierra se debe ajustar a las recomendaciones de la Norma de Referencia NRF-011-CFE-2001 “Diseño del Sistema de Tierra en Plantas y Subestaciones Eléctricas”, en la cual se describe el método para el cálculo de red de tierras y la obtención de las tensiones de paso y de contacto.

Si existen otras mallas ciclón o metálicas que se unan con la perimetral de la subestación eléctrica, es necesario aislar una de la otra para evitar tensiones inducidas durante las fallas a tierra.

Los electrodos o varillas de tierra, se colocan con una separación mínima de (7.5 m) 2.5 veces su longitud, para optimizar su utilidad.

El número definitivo de electrodos se determina de acuerdo a las lecturas reales de resistencia a tierra de la red, debiendo ser de 1 Ω a 5 Ω, agregando los electrodos necesarios para llegar a este valor y para el caso de las instalaciones con subestaciones blindadas en SF<sub>6</sub> se debe llegar a 1 Ω.

Los cables que forman la malla principal, se deben colocar con una separación entre 7 m y 9 m (dependiendo del cálculo respectivo), procurando que pasen junto a los equipos primarios.

Donde se tengan apartarrayos, debe formarse una malla con electrodos en cada esquina.

**6.10.3 Materiales a utilizar**

Todos los materiales a utilizar en la construcción de la red de tierra deben ser de cobre o aleación de cobre:

- a) Cables: solamente de cobre.
- b) Varillas de tierra: de acero recubierto de cobre.
- c) Conectores: de cobre, de fusión o aleación de cobre.

**6.10.3.1 Cables**

El tamaño o designación del conductor mínimo a usar debe ser:

- a) En la malla principal: cobre de 107.2 mm<sup>2</sup> (4/0 AWG) de sección transversal.
- b) En derivaciones a apartarrayos: cobre de 107.2 mm<sup>2</sup> (4/0 AWG) de sección transversal, una por fase.
- c) Los cables de cobre que formen la malla de la red de tierra, se deben localizar al fondo de una zanja de 50 cm de profundidad y una vez colocados y comprobados los conectores, se rellena la zanja compactando nuevamente el terreno con la humedad necesaria.
- d) Cuando la malla se desplante sobre relleno, se debe mejorar el material que se use para rellenar la zanja, con bentonita o sulfato de magnesio.

140218	Rev									
--------	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--

- e) La malla de tierra se debe extender para cubrir toda el área eléctrica.
- f) Al tenderse los cables de la red de tierra, debe optimizarse su trayectoria para evitar en lo posible cortar cables procurando que los puntos de conexión sean los menos posibles.

En caso de que se tengan los apartarrayos sobre una estructura se deben colocar cables en dos trayectorias por juego, hacia cada lado de su ubicación de montaje.

Para aterrizar bastidores de equipo, materiales, estructuras metálicas, malla ciclón y en general cualquier superficie metálica que no conduzca corriente en condiciones normales, se utiliza como mínimo cobre de 107.2 mm<sup>2</sup> (4/0 AWG) de sección transversal.

Para conexión del neutro del transformador a la malla, el calibre del conductor debe ser dimensionado de acuerdo a la capacidad del transformador y el nivel de corto circuito, pero como mínimo cobre de 107.2 mm<sup>2</sup> (4/0 AWG) de sección transversal.

### 6.10.3.2 Electrodo de tierra

Se denominan Electrodo de Tierra a los elementos (varillas) cuya función es drenar a las capas del terreno subyacente, las descargas de tensión inducida por los apartarrayos y equipo primario de la subestación y son hincados en el suelo para alcanzar capas más húmedas del terreno y conectados a la red de tierra dependiendo del tipo de terreno donde son utilizados se clasifican de la siguiente manera:

#### 6.10.3.2.1 Normales

Los electrodos normales generalmente se utilizan hincados en terrenos tipos I y II. Los electrodos de tierra normales son de acero recubierto con cobre según la especificación CFE 56100-16 "Electrodos para de Tierra", de 16 mm (5/8) de diámetro, y una longitud de 3 m.

Si el electrodo se encuentra en un registro:

- En área pavimentada, se deben hacer pendientes hacia el registro para coleccionar aguas pluviales.
- En área con grava, se le hacen al registro agujeros al nivel de la grava, en dos de las paredes laterales protegiéndolos con malla o piedras grandes que impidan penetre la grava al registro, pero que facilite el drenaje de aguas pluviales dentro del registro.

#### 6.10.3.2.2 Mejorados

Se usan en terrenos de alta resistividad en terrenos tipos I y II. El electrodo mejorado se forma de la siguiente manera:

- a) Hincando una varilla de tierra verticalmente sobre el terreno.
- b) Haciendo una cepa de 50 cm de profundidad alrededor del sitio donde se hincó la varilla de tierra.
- c) Colocando una mezcla de 20 kg de partes iguales de bentonita y sulfato de magnesio industrial en cada cepa del paso anterior, compactando y humedeciendo con 20 L de agua o colocando un intensificador químico siguiendo las instrucciones del fabricante.
- d) Si el electrodo se encuentra en un registro:
  - En área pavimentada, se hacen pendientes hacia el registro para coleccionar aguas pluviales.

140218	Rev									
--------	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--

- En área con grava, se le hacen al registro agujeros al nivel de la grava, en dos de las paredes laterales, protegiéndolos con malla o piedras grandes que impidan penetre la grava al registro, pero que facilite el drenaje de aguas pluviales dentro del registro.
- e) Si el electrodo se encuentra enterrado:
- Si el electrodo se encuentra bajo área pavimentada, se coloca sobre el mismo un tubo de PVC de 4 pulgadas de diámetro que llegue hasta la superficie y además se le dan pendientes al piso terminado para que las aguas pluviales drenen sobre el electrodo.
  - Si el electrodo se encuentra bajo película de polipropileno, se le hace a ésta un agujero de 10 cm sobre el electrodo, para permitir el paso de aguas pluviales.

#### 6.10.3.2.3 En terreno rocoso

Se deben utilizar en lugares donde se tengan capas rocosas que impidan el hincado a golpes de las varillas de tierra en terrenos tipo III.

El electrodo en roca se forma:

- a) Haciendo una perforación de 4 cm de diámetro, verticalmente sobre el terreno con perforadora neumática, con una profundidad mínima de 6 m y una cepa alrededor de 50 cm de profundidad.
- b) Rellenando la perforación con una mezcla humedecida de bentonita y sulfato de magnesio al 50 %, además colocar 20 kg de la misma mezcla en la cepa, compactándola o colocando un intensificador químico siguiendo las instrucciones del fabricante.
- c) Hincando varillas empalmables en la perforación rellena con la mezcla de bentonita y sulfato de magnesio, hasta la profundidad determinada.
- d) Si el electrodo se encuentra en un registro:
  - En área pavimentada, se deben hacer pendientes hacia el registro para coleccionar las aguas pluviales.
  - En área con grava, se le hacen al registro agujeros al nivel de la grava, en dos de las paredes laterales protegiéndolos con malla o piedras grandes de tal forma que impidan penetre la grava al registro, pero que facilite el drenaje de aguas pluviales dentro del registro.

#### 6.10.3.3 Conectores

En la red de tierra deben utilizarse únicamente conectores de fusión.

Los conectores tipo mecánico solo se utilizan en partes aéreas, pero nunca directamente enterrados.

#### 6.10.4 Medición de la resistencia de la red de tierra

Para la medición de la red de tierra se recomienda el método de 3 ó 4 puntas, de conformidad con la norma de referencia NRF-011-CFE Sistema de tierra para plantas y subestaciones eléctricas.

Existen otros métodos para la medición de la resistencia de la red de tierra, utilizando el probador digital de gancho y el método de caída de potencial.

140218	Rev									
--------	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--

**6.10.5 Conexión de los equipos a la red**

Las derivaciones de la red de tierra hacia los equipos se deben hacer de manera que se tengan trayectorias lo más cortas posibles, por lo que es importante contar con los planos de detalle de los equipos para que en la etapa de proyecto se definan correctamente los sitios donde deben dejarse las colillas.

Todas las superficies metálicas a la intemperie no utilizadas para conducir corriente en forma normal, deben conectarse a tierra con cable de cobre desnudo mínimo de 53.48 mm<sup>2</sup> (1/0 AWG) de sección transversal.

En el caso de equipos montados sobre columnas de concreto, el cable de tierra hacia el equipo debe instalarse protegido en ducto de PVC para evitar el contacto con el acero de refuerzo de la misma.

Todos los gabinetes metálicos que contengan dispositivos de control o tabllas deben conectarse a tierra con un cable de cobre de 53.48 mm<sup>2</sup> (1/0 AWG) de sección transversal, como mínimo.

Los tableros de distribución deben conectarse a tierra, como mínimo con un cable de cobre con sección transversal de 1/3 de la sección de los conductores de la red de tierra.

En el caso de bajadas a tierra de equipos montados sobre estructuras metálicas, estas deben ser independientes de las que se hagan para la conexión a tierra de las puntas pararrayos.

**6.10.5.1 Interruptores de potencia en MT**

Se conectan los bastidores o gabinetes de los interruptores a tierra, con dos cables de cobre desnudo de 53.48 mm<sup>2</sup> (1/0 AWG) de sección transversal, asegurando firmemente al conector especial previsto para este fin, en el propio interruptor.

**6.10.5.2 Cuchillas desconectoras en AT**

En el piso desde donde se opera el maneral de las cuchillas de operación manual en grupo, se debe colocar una parrilla metálica tipo Irving, la cual puede estar enterrada.

Esta parrilla se conecta a la malla de tierra y al cable de tierra física que sube al maneral, con conectores tipo zapata y cable de cobre desnudo de 53.48 mm<sup>2</sup> (1/0 AWG) de sección transversal.

El maneral se conecta hacia el cable de cobre desnudo de 53.48 mm<sup>2</sup> (1/0 AWG) de sección transversal de la tierra física, con una trenza flexible de cobre de 45 cm de longitud y capacidad nominal de 200 A.

Cuando se tengan cuchillas tripolares con navajas de puesta a tierra, la bajada a tierra de las mismas se debe hacer con cable de 107.2 mm<sup>2</sup> (4/0 AWG) de sección transversal, como mínimo.

**6.10.5.3 Transformadores de potencia**

Para los transformadores de potencia se deben prever las siguientes conexiones a tierra:

El calibre para el neutro del transformador, está en función de la capacidad del transformador y del valor de corto circuito pero no menor de 107.2 mm<sup>2</sup> (4/0 AWG) de sección transversal.

El cable de bajada del neutro se aísla del tanque del transformador protegiendo el cable con tubería plástica o PVC tipo intemperie, para evitar que las corrientes de falla circulen por el tanque del transformador hacia tierra.

La bajada a tierra del neutro del transformador se conecta al electrodo de tierra con un conector mecánico para desconectar el neutro del transformador o utilizar el conector soldable con la opción de desconectar el neutro del transformador en la boquilla.

140218	Rev									
--------	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Para el tanque del transformador, se aterriza con sección transversal mínima de 53.48 mm<sup>2</sup> (1/0 AWG), en los dos puntos donde se encuentran las zapatas para tierra del mismo.

Para los apartarrayos que estén montados sobre el tanque del transformador, con conductor de 107.2 mm<sup>2</sup> (4/0 AWG) de sección transversal, en dos bajadas por juego.

**6.10.5.4 Estructuras metálicas**

Todas las estructuras metálicas se deben conectar a la red de tierras con cable mínimo de 53.48 mm<sup>2</sup> (1/0 AWG) de sección transversal, esta conexión se puede continuar hacia arriba de la misma, para aterrizar otros equipos.

En caso de que cuenten con puntas pararrayos, debe asegurarse una trayectoria de las mismas también con conductor de 53.48 mm<sup>2</sup> (1/0 AWG) de sección transversal, hasta la red de tierra, independiente de la usada para tierra física.

Cuando se tengan apartarrayos sobre estructuras metálicas, la bajada a tierra de los mismos se debe hacer con conductor de 107.2 mm<sup>2</sup> (4/0 AWG) de sección transversal.

**6.10.5.5 Apartarrayos**

Los apartarrayos se conectan a la red de tierra con un cable de igual sección transversal al del cable de la red de tierra.

En el caso de que se tengan juegos de apartarrayos sobre una estructura, la bajada a tierra se debe hacer con dos cables de igual sección transversal de la red de tierra por juego, en trayectorias opuestas a cada extremo del juego.

En la malla que rodea los apartarrayos, deben colocarse electrodos de tierra en cada esquina.

**6.10.5.6 Transformadores de instrumento**

Todos los transformadores de corriente o potencial deben ser conectados a la red de tierra con cable de cobre desnudo de 53.48 mm<sup>2</sup> (1/0 AWG) de sección transversal.

**6.10.5.7 Cerca de malla ciclón**

Para los casos en que la subestación eléctrica o el área eléctrica sean delimitados con malla metálica (ciclón), debe conectarse a la red de tierra con cable de cobre desnudo de la misma sección transversal que el utilizado en la malla de la red de tierra.

**6.10.5.8 Subestaciones blindadas en SF<sub>6</sub>**

Para este tipo de subestaciones el fabricante del equipo debe incluir su sistema de tierras para interconectar todas las partes y estancos del equipo y propondrá sus puntos de interconexión a la malla de la subestación, para lo que se deben dejar colillas largas preparadas en la cimentación de éste con cable de cobre desnudo de la misma sección transversal que el utilizado en la malla de la red de tierra.

**6.10.6 Planos de la red de tierra**

**6.10.6.1 Planta**

Este plano debe mostrar una vista de planta de la subestación con el arreglo general de la malla de la red de tierra con sus derivaciones a equipos, registros y en su caso a la cerca perimetral cuando sea metálica, se deben indicar claramente con claves las secciones transversales de conductores, así como el tipo y cantidad de conectores a instalar en cada punto de conexión.

140218	Rev								
--------	-----	--	--	--	--	--	--	--	--

También se deben indicar las notas aclaratorias y generales que se requieran para dejar establecidos los procedimientos y métodos especificados, así como los cuidados generales que se deben tener para la preparación del material para instalar correctamente los conectores.

**6.10.6.2 Elevaciones**

La finalidad de este plano es definir claramente la localización del equipo y de la zapata para el aterrizamiento del mismo (altura y lado) para dejar la preparación de la colilla de tierra lo más adecuadamente posible, así mismo la localización de los mandos de cuchillas indicando la longitud de cables que debe dejarse sobre el nivel de piso terminado para el aterrizamiento de mandos.

**6.10.6.3 Detalles**

Debe elaborarse un plano que detalle con toda precisión los tipos de conexión que se presenten durante la construcción de la red de tierra, especificando el tipo de conector, sección transversal de los conductores y herramienta a utilizar para su instalación, así como la lista de materiales correspondiente.

Se toman como base los siguientes detalles:

- Conectores de fusión en la red de tierra.
- Aterrizamiento de interruptores de potencia.
- Aterrizamiento de transformadores de potencia.

Aterrizamiento de transformadores de corriente, dispositivos de potencial o transformadores de potencial:

- Sobre bases individuales de concreto o metálicas.
- Sobre bases de concreto o metálicas para las tres fases.
- Aterrizamiento de maneral de cuchillas de operación manual en grupo.
- Parrillas metálicas al pie de manerales de operación en grupo de cuchillas.

Aterrizamiento de apartarrayos:

- Sobre bases individuales metálicas o de concreto.
- Sobre bases metálicas o de concreto para las tres fases.
- Sobre transformadores de potencia.
- Aterrizamiento de cables de potencia.
- Aterrizamiento de estructuras metálicas y puntas pararrayos.

Arreglo de electrodos para red de tierra:

- En áreas pavimentadas.
- En áreas con grava.

140218	Rev									
--------	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--



Electrodos de tierra:

- Normales, en terrenos tipo I y II.
- Mejorados, en terrenos de alta resistividad o áridos.
- En roca, terrenos tipo III.

Aterrizamiento de cercados de malla ciclón:

- En puertas.
- En postes de línea.

Blindaje:

- Casetas
- Estructuras

#### **6.10.6.4 Planos anexos**

Anexo 6.10.6.4.1 Red de tierra

Anexo 6.10.6.4.2 Red de tierra, conexión a equipos.

Anexo 6.10.6.4.3 Red de tierra, detalles.

Anexo 6.10.6.4.4 Registro de red de tierra.

Anexo 6.10.6.4.5 Blindaje, planta y perfil

### **6.11 Ductos, Trincheras y Registros**

Son instalaciones subterráneas que tienen por objeto alojar los cables de control, de fuerza, de potencia y fibra óptica para interconectar los equipos primarios, secundarios y demás componentes de la subestación eléctrica o hacia afuera de ésta.

En cuanto a los ductos, sus diámetros y cantidades, están en función de la cantidad y calibre del cable a alojar, mientras que para los registros, el tipo y la cantidad están en función de la cantidad de ductos a alojar y de la distribución de éstos.

Para proyectar los bancos de ductos y registros, es recomendable que el ingeniero de diseño se base en los criterios establecidos en la especificación de construcción líneas subterráneas vigente, en M.T. y A.T.

#### **6.11.1 Ductos entre registros**

Se debe considerar el uso de tubería PEAD o PVC eléctrico pesado, cuyos diámetros, cantidades y disposición, está en función de la cantidad de cable a alojar.

Preferentemente se debe considerar el uso de tubería PEAD, ya que ésta no requiere encofrarse y cuenta con propiedades de resistencia contra agentes químicos, contra impactos, aplastamiento, resistencia a la tensión, entre otros; de lo contrario, utilizar tubería PVC eléctrico pesado.

La profundidad mínima de los distintos bancos de ductos debe ser 0.30 m por debajo del N.T.T., a la parte superior del tubo.

140218	Rev									
--------	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--

**6.11.2 Ductos entre registros y bases de equipos o estructuras**

La conexión subterránea entre registros hacia las bases de los equipos o estructuras debe ser preferentemente a través de tubería de PVC eléctrico pesado, cuyos diámetros, cantidades y disposición, va a estar en función de la cantidad de cable a alojar.

Estas conexiones deben quedar encofrados con concreto de  $F'_{c \text{ mínima}}$  de 9.80 MPa (100kg/cm<sup>2</sup>) cuya profundidad no debe exceder de 60 cm.

**6.11.3 Ductos entre bases de equipos o estructuras con gabinetes, tableros o puntos de conexión cualquiera**

En las partes visibles de nivel de piso a gabinetes de control debe llevar una transición de tubo conduit galvanizado de pared gruesa y de este punto a la conexión de los gabinetes, tableros o puntos de conexión cualquiera, por ejemplo: TC's, TP's, interruptores, transformadores, cuchillas, entre otros; debe ser a base de tubería flexible forrada preferentemente, cuyos diámetros, van a estar en función de la cantidad de cable a alojar.

De la caseta al registro más cercano, se debe dejar para futuras ampliaciones la preparación de salida de circuitos (1 banco de ductos de 12 vías como mínimo).

**6.11.4 Registros**

Sirven para facilitar las maniobras de instalación de cables de control, potencia y las derivaciones de los ductos necesarios hacia los equipos, así como para operación y mantenimiento.

Se recomienda ubicar los registros cerca de las bases de columnas de la bahía eléctrica y así contar con más espacio de maniobra para mantenimiento o cambio de equipos, facilitando así la circulación de vehículos.

**6.11.4.1 Registros para cables de control, fuerza, transición alumbrado y red de tierra físicas.**

Se fabrican mediante pisos y muros de concreto armado con resistencia mínima  $F'_{c} = 19.61$  MPa (200 kg/cm<sup>2</sup>) y  $F_y = 412$  MPa (4200 kg/cm<sup>2</sup>), con tapa removible con marco de ángulo galvanizado por inmersión en caliente o con polimérico, según plano de proyecto, clasificándose en registros principales y auxiliares con las siguientes dimensiones:

- Registros principales o troncales R1 (1 m x 1 m x 1 m)
- Registros auxiliares R2 (0.4 m x 0.4 m x 0.6 m)

Los registros deben ser hechos in situ o prefabricados, cumpliendo con la especificación de construcción líneas subterráneas en media y alta tensión vigente.

Las tapas deben ser de lámina antiderrapante calibre 16 con marco y contramarco de refuerzo de ángulo de 50 mm x 50 mm, galvanizados por inmersión en caliente, o tapas poliméricas según plano de proyecto.

Se debe cuidar que la tapa cubra totalmente el registro, para evitar la entrada de agua, y evitar que las esquinas sean punzo cortantes.

Conociendo el nivel freático del terreno se debe considerar o no la colocación de cárcamos en los registros.

**6.11.4.2 Registro para red de tierra**

Este elemento es de utilidad en el contexto operativo de las subestaciones eléctricas, ya que permite verificar el funcionamiento óptimo de la red.

140218	Rev									
--------	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Se recomienda que el registro para red de tierra sea prefabricado con el dimensionamiento interior de los registros auxiliares R2 sin fondo, de concreto armado con una  $F'c = 19.61 \text{ MPa}$  ( $200 \text{ kg/cm}^2$ ) y  $Fy = 412 \text{ MPa}$  ( $4200 \text{ kg/cm}^2$ ),

La cota de terminación y nivelación de estos registros debe ser entre 5-10 cm sobre el N.P.T., dependiendo de las pendientes de este último, la tapa debe ser de lámina antiderrapante calibre 16 galvanizada por inmersión en caliente o preferentemente de material polimérico, su ubicación debe ser de acuerdo a lo que se define en el proyecto de la subestación eléctrica, cuya ubicación debe quedar libre del tránsito vehicular para evitar cualquier daño a estas instalaciones.

#### **6.11.4.3 Registros de alumbrado**

Estos elementos son similares con lo indicado anteriormente para los registros de cables de control auxiliares R2 (0.4 m x 0.4 m x 0.6 m),  $F'c = 19.61 \text{ MPa}$  ( $200 \text{ kg/cm}^2$ ) y una tapa de lámina antiderrapante galvanizada por inmersión en caliente con marco y contramarco galvanizados por inmersión en caliente o tapas poliméricas, según plano de proyecto.

Los registros anteriores deben ser prefabricados de material sintético (PVC), son recomendables por ser prácticos y por el mínimo espacio a utilizar.

#### **6.11.4.4 Registro para cable de potencia**

Estos elementos son de utilidad para recibir transiciones aéreo-subterráneas, derivaciones y cambios de dirección, así como para operación y mantenimiento.

Los registros deben ser hechos en sitio o prefabricados, mediante pisos, muros y losa de concreto armado con resistencia mínima  $F'c = 24.51 \text{ MPa}$  ( $250 \text{ kg/cm}^2$ ) y  $Fy = 412 \text{ MPa}$  ( $4200 \text{ kg/cm}^2$ ), con tapa removible, con marco de ángulo galvanizado por inmersión en caliente o preferentemente con tapa de material polimérico.

- Se debe considerar el tipo de registro que se adapte a las siguientes necesidades:
- Numero de ductos que se concentran en el registro
- Instalación de empalmes, derivadores J y accesorios de operación y mantenimiento.
- Cocas del cable.

#### **6.11.4.5 Trincheras**

Se entiende por trincheras a las canalizaciones que sirven para colocar los cables de control, que unen los equipos con los tableros de medición y protección. Se construyen de concreto armado con una resistencia a la compresión de  $F'c = 24.51 \text{ MPa}$  y una resistencia a la tensión de  $F'y = 412 \text{ MPa}$ .

Estas canalizaciones son construidas siguiendo la trayectoria y variando sus secciones como se indica en los planos de proyecto.

Se debe considerar la colocación de pasos pluviales con tuberías de PVC de 25 mm de diámetro a cada 5 m y la construcción de juntas como indica el proyecto, sellando estas mediante la aplicación de poliuretano.

Para el drenaje de las trincheras se dejan pendientes de 0.5 % como mínimo en el piso, que se conectan al drenaje pluvial en su caso.

Las trincheras deben sobresalir del piso terminado 10 cm para evitar en lo posible que se introduzca agua de las lluvias.

140218	Rev								
--------	-----	--	--	--	--	--	--	--	--

El acabado de las trincheras debe ser aparente, las formas o cimbras pueden construirse de madera o acero, de modo que se obtengan las dimensiones y alineamiento sin pandeos ni salientes notables. Así mismo, se debe realizar el abocinamiento para todos los ductos. Finalmente deben fijarse abrazaderas para ductos de fibra óptica, cables de potencia y cables de control.

Tapas de trinchera:

- Las tapas de concreto armado serán de las dimensiones indicadas en los planos de proyecto, con un marco de ángulo de acero negro, tratado con una base de fondo y pintura anticorrosiva.
- Las tapas poliméricas debiendo tener una resistencia mínima a la ruptura con una carga aplicada de 19823 N para cubierta peatonal y 147150 N para cubierta vehicular.

#### **6.11.5 Localización**

Teniendo en cuenta lo anterior se procede a la localización de la trayectoria, la cual debe ser lo más recta posible, libre de obstáculos (tales como cimentaciones, drenaje u otras instalaciones) y ubicada donde el tránsito vehicular sea mínimo.

Se recomienda que donde se encuentre un cruce con área de tránsito vehicular, los bancos de ductos deben ser encofrados con concreto cuando se utilice tubería PVC, para la protección de éstos y del cableado. Por lo anterior, el ingeniero de diseño debe elaborar el plano de planta de localización de ductos y registros.

#### **6.11.6 Detalles**

En este plano se deben indicar claramente las dimensiones físicas, separaciones y disposición de los ductos y registros, así como los elementos estructurales que los conforman, las profundidades de desplante con respecto al nivel de piso terminado, drenaje del banco de ductos y conexiones a los equipos.

#### **6.11.7 Aro y tapa 84 A y 84 B**

Estos accesorios se deben utilizar en registros tipo "X", "T", "L" y "P". Consta de una tapa circular de fierro fundido o material polimérico de 823 mm, con acabado antiderrapante, acoplada al aro del mismo material con un diámetro exterior de 915 mm e interior de 835 mm, cuya finalidad principal es permitir el acceso a los pozos de visita y registros, ubicados en el área de banqueta o arroyo, facilitando la operación y mantenimiento de los registros.

#### **6.11.8 Transición**

Es un cambio del sistema para convertir una línea o bus aéreo a subterráneo o viceversa.

Los tipos de soporte para transición aéreo-subterráneo deben ser:

- De muretes de concreto armado con una  $F'c = 19.61 \text{ MPa}$  ( $200 \text{ kg/cm}^2$ ) y  $Fy = 412 \text{ MPa}$  ( $4200 \text{ kg/cm}^2$ ).
- De estructuras metálicas fijadas mediante anclaje se conduce por la columna de la bahía con tubería conduit galvanizada y a través de charolas hasta llegar a las cuchillas principales del alimentador.

Por diseño, en cada estructura de transición se debe considerar un registro para facilitar la instalación del cableado y los cambios de dirección, alojar cocas o cable de reserva.

#### **6.11.9 Planos anexos**

Anexo 6.11.9.1 Ubicación de bancos de ductos y registros

140218	Rev									
--------	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Anexo 6.11.9.2 Ubicación de bancos de ductos y registros subestación SF<sub>6</sub>

### **6.12 Arreglos Físicos para Áreas Normales o Contaminadas**

En el proyecto de una subestación eléctrica, es importante el "Arreglo Físico", que consiste principalmente, en la disposición o ubicación física de los elementos o componentes, que integran la subestación eléctrica (equipo primario, estructuras, caseta, entre otros) ésta se realiza de acuerdo a un patrón establecido para cada caso, de acuerdo con el diagrama unifilar correspondiente.

El objetivo de esta sección, es el de normar los criterios para la definición de los arreglos físicos aplicables a cada arreglo unifilar seleccionado.

El arreglo físico de una subestación eléctrica debe considerar la función de cada componente o elemento, así como la relación que guarda en el área que ocurra y su conexión eléctrica.

El grado de complejidad en el arreglo físico de una subestación eléctrica, está en función del tamaño de la misma y de las tensiones que manejan, pero siempre, estos arreglos están alrededor de unas barras colectoras.

La manera más simple de unir un determinado número de circuitos (a un mismo nivel de tensión) es hacer llegar todos a unas barras colectoras. Con el objeto de mejorar la seguridad, el mantenimiento y aumentar la flexibilidad en la operación de los sistemas de potencia, se han elaborado distintos arreglos y configuraciones. Uno de los aspectos importantes a considerar, es el análisis de probabilidad de falla en los diferentes elementos y en el arreglo mismo, lo que define la disposición de las barras colectoras, según la importancia que tendrá la Subestación en la instalación o sistema eléctrico del que forma parte.

El dimensionamiento y arreglo físico de una subestación eléctrica, se ve afectado por la capacidad y tensión de las mismas, que no solo afecta al tamaño de los elementos o componentes, considerando además las distancias de seguridad para la operación y mantenimiento del equipo de acuerdo a la coordinación de aislamiento.

Los conceptos a considerar en la definición de los arreglos físicos son:

#### **6.12.1 Concepto operativo**

Debe considerarse el diagrama unifilar propuesto, según las necesidades de servicio, los niveles de tensión fijados para su operación en el lado de alta tensión y media tensión, así como la facilidad de acceso para efectuar maniobras al equipo para su mantenimiento y operación de la propia subestación; así mismo, debe considerarse en este aspecto la flexibilidad que debe existir en cuanto a la substitución de cualquier equipo componente de la subestación, teniéndose presente también el espacio requerido para la instalación de la subestación móvil requerida en casos de emergencia, en la cual debe existir un mínimo de afectación al sistema eléctrico en caso de una falla interna o externa de la subestación.

Igualmente para las consideraciones operativas de los arreglos físicos, se debe tener en cuenta su dimensionamiento, básicamente existen cuatro distancias que gobiernan la separación entre conductores y componentes en una subestación eléctrica y que se pueden agrupar en:

##### **6.12.1.1 Distancias de fase a tierra**

Son las distancias entre partes vivas o energizadas y estructuras aterrizadas, como pueden ser muros, rejas, gabinetes de los equipos, subestaciones móviles, estructuras y soportes de acero y también las distancias entre partes vivas o energizadas y el suelo.

##### **6.12.1.2 Distancias de fase a fase**

Estas son las distancias entre partes vivas o energizadas de fases diferentes.

140218	Rev								
--------	-----	--	--	--	--	--	--	--	--



**TABLA 3 - Distancias mínimas de fase a tierra y entre fases**

Tensión nominal del sistema (kV)	Tensión máxima de diseño (kV)	NBAI hasta 1 000 m.s.n.m. (kV)	NBAI mas de 1 000 m.s.n.m. (kV)	Distancia mínima de fase a tierra hasta 2 000 m.s.n.m. (m)	Distancia mínima de diseño entre centros de fase hasta 2 000 m.s.n.m. (m)	Ajuste (m)
13.8	15.5	110	125 *	0.265	0.450	0.45
23	27	150	170 *	0.361	0.615	0.62
34.5	38	200	250 *	0.540	0.972	1.00
69	72.5	350		0.834	1.501	1.50
115	123	550		1.311	2.359	2.40
138	145	650		1.311	2.359	2.40

\* El nivel básico de aislamiento indicado, aplica cuando así lo considere el área usuaria correspondiente.

#### 6.12.1.3 Distancias de aislamiento

Son las distancias entre las partes vivas o energizadas y las estructuras aterrizadas, pero a través de aisladores.

#### 6.12.1.4 Distancias en zonas de circulación y trabajo

Son las distancias entre partes vivas o energizadas y los límites de las zonas de circulación o de seguridad. La base para la determinación de estas distancias, es el cálculo de las distancias dieléctricas de fase a tierra, las distancias mínimas a especificar son:

- 1) Fase a tierra en conductor (barras).
- 2) Fase a fase.
- 3) Alturas de partes vivas de equipos (primer nivel de barras) al nivel de piso terminado. En ningún caso debe ser inferior a 2.30 m más la distancia de fase a tierra. La distancia de fase a tierra ya se encuentra considerada en las dimensiones del equipo a conectar.
- 4) Altura de equipo sobre el nivel del suelo, según diseño de soportes.
- 5) Altura sobre segundo nivel de barras sobre el suelo, cumpliendo con lo indicado en la Tabla 2.
- 6) Altura de remate en líneas de transmisión.
- 7) Distancias de seguridad en zonas de mantenimiento.

#### 6.12.1.5 Acometidas en alta tensión

- 1.- Interruptor de transferencia. Este tipo de interruptor se utiliza en arreglos con barra principal-barra de transferencia (ver anexos). En condiciones normales de operación todas las líneas y bancos de transformadores se conectan a las barras principales. El interruptor de transferencia permite incrementar la confiabilidad del sistema y la continuidad del servicio, tomando las protecciones y las cargas correspondientes, ya sea del interruptor de línea o del banco, a través de la barra de transferencia.

140218	Rev									
--------	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--



- 2.- Los bancos de capacitores deben ser colocados como un alimentador de alta tensión (lado fuente).
- 3.- Se colocan tres transformadores de potencial (uno por fase) en la barra principal para el arreglo barra principal y barra de transferencia. Se debe obtener la señal de tensión de barra principal para alimentar la protección.
- 4.- Para el arreglo de bus en anillo se colocan tres transformadores de potencial por línea; bajo esta característica cada línea de subtransmisión está protegida, contando con su propia señal de tensión y la sumatoria de corrientes, para cada uno de los dos interruptores que la liberan de la falla.
- 5.- Los apartarrayos de alta tensión se deben instalar preferentemente a la llegada de las líneas de subtransmisión y en el banco de transformación en ménsulas apropiadas.
- 6.- En el área de transformación se deben considerar los espacios suficientes para conectar una subestación móvil al interruptor de banco.
- 7.- Los apartarrayos del banco de capacitores, se deben instalar en ménsulas contenidas en el propio banco.
- 8.- Se deben instalar cuchillas de puesta a tierra a la llegada de la línea.

### **6.12.2 Concepto de mantenibilidad**

Para las consideraciones de los arreglos físicos desde el punto de vista de mantenimiento, es importante tomar en cuenta las distancias entre secciones o zonas de trabajo que limitan las áreas de mantenimiento. Estas pueden ser el suelo o plataformas sobre la cual laboren los trabajadores.

Considerando que en una subestación eléctrica el personal de mantenimiento debe de caminar libremente bajo las zonas de equipo energizado, es necesario considerar una distancia adecuada entre el punto más bajo sobre cada aislador (donde se aterrizan las partes metálicas) y el suelo; esta distancia está basada en las denominadas distancias de seguridad para mantenimiento del equipo, para lo cual es necesario tener una idea clara de los distintos equipos integrantes que se agrupan, de cómo se deben aislar y separar físicamente de la vecindad de los equipos o partes vivas o energizadas, además de cómo se debe de lograr el acceso seguro a ellos, así como el establecimiento de zonas de mantenimiento.

Algunas zonas de mantenimiento se pueden definir fácilmente y la necesidad de ellas resulta evidente. Quizá la más obvia es la zona del interruptor, que requiere comúnmente un mantenimiento más frecuente que para otros equipos. Es una práctica universal proveer un medio de aislamiento sobre cada lado del interruptor y separar las partes vivas o energizadas adyacentes, cuando se encuentra aislado, ya sea por distancias dieléctricas de seguridad o bien por barreras de protección. Zonas de mantenimiento que contienen aisladores, cuchillas desconectoras, barras y conexiones se definen con menor claridad y entonces se pueden emplear métodos alternativos para el establecimiento de estas zonas de mantenimiento.

#### **6.12.2.1 Para acometidas de alta tensión y transformadores de potencia**

- 1.- Considerar espaciamiento entre equipos para que los trabajos de mantenimiento se realicen con seguridad para el personal, ya sea que se realicen los trabajos en vivo o bien, desenergizado; así mismo, se deben considerar los espaciamientos para la utilización de vehículos en la sustitución de los equipos.
- 2.- Contar con alumbrado adecuado para la atención de contingencias.
- 3.- Contar con dique de contención o fosa captadora de aceite para el caso de existir fugas o derrames de aceite en el transformador.

140218	Rev									
--------	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--

- 4.- Colocar contactos monofásicos y trifásicos para la alimentación de equipo de prueba o diverso.
- 5.- En la selección del arreglo, se deben considerar las distancias adecuadas para proporcionar el mantenimiento con seguridad.
- 6.- La disposición física de los equipos debe permitir librar algún equipo sin riesgo a descargas eléctricas, por tensiones inducidas para el equipo librado y para el personal.
- 7.- Considerar el espacio necesario para la instalación de subestaciones móviles en el área de transformación.
- 8.- Considerar que debe contar con una fosa colectora de aceite, con capacidad mínima de 120 % del equipo mayor, debe ubicarse fuera del área de transformación, con la finalidad de poder recuperar el aceite derramado en caso de fuga.

**6.12.2.2 Alimentadores en media tensión**

- 1.- Considerar los espaciamientos entre equipos para que los trabajos de mantenimiento se realicen con seguridad para el personal y equipos tanto con licencias o en vivo, asimismo se considera el espaciamiento para la utilización de vehículos en la sustitución de los equipos.
- 2.- No se utilizan interruptores comodines ya que la carga alimentada por alguno de ellos (por mantenimiento) debe ser absorbida por cualquiera de los alimentadores.
- 3.- La carga promedio por alimentador a considerar es de 5 MVA, esto con el fin de minimizar las pérdidas en los circuitos de distribución.
- 4.- Los bancos de capacitores en baja tensión son instalados considerando el área de maniobras para la instalación de una subestación móvil o por sustitución de bancos.
- 5.- Las salidas deben ser subterráneas hasta el primer poste fuera de la subestación.
- 6.- Los transformadores de potencial deben ser para un sistema de 3F - 4H, y cuando se tengan 2 transformadores de potencia en la subestación, se deben instalar un juego de estos equipos por cada banco.
- 7.- Cuando se tengan dos transformadores de potencia se debe considerar interruptor de amarre de barras en media tensión, este se debe seleccionar con la misma capacidad de un interruptor de banco de media tensión.
- 8.- El uso de interruptores alojados en tablero Metal Clad, reduce en forma considerable el mantenimiento.

**6.12.3 Planeación**

Este concepto de planeación se toma en cuenta, a partir del diagrama unifilar autorizado, en donde deben considerarse todas las ampliaciones previstas para el crecimiento futuro de la subestación, aunque de momento solo se construya parte de ella, a partir del cual se debe considerar la ubicación del área eléctrica de forma tal que contemple las ampliaciones futuras de la instalación.

Así mismo, las dimensiones exteriores de los equipos o componentes principales indicados en el diagrama unifilar, cuyo acomodo lleva a encontrar un área mínima del terreno, tomando en cuenta todos los conceptos anteriores, se procede a elaborar un anteproyecto.

140218	Rev									
--------	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--

**6.12.3.1 Para acometidas en alta tensión y banco de transformación**

- 1.- El terreno a seleccionar debe contemplar las rutas y vías de comunicación terrestres, adecuadas para el traslado de equipo y subestaciones móviles.
- 2.- Considerar las etapas de crecimiento de los diversos arreglos en la selección del terreno, construyendo subestaciones escalables para que las ampliaciones sean condiciones programadas.
- 3.- Para arreglos con barra en anillo, se debe construir en su etapa inicial el anillo para las ampliaciones consideradas, ya que bajo esta condición y con cuchillas adecuadamente colocadas, se podrá seccionar la barra para realizar los cambios necesarios.
- 4.- Definir espaciamientos adecuados entre equipos y áreas eléctricas para desarrollar el mantenimiento preventivo y correctivo.
- 5.- Los interruptores de banco se deben ubicar de tal manera, que el interruptor de amarre quede colocado entre ellos.
- 6.- Considerar las canalizaciones subterráneas suficientes para la interconexión de los equipos a los tableros de P.C.M., de acuerdo a la capacidad máxima de alimentadores y bancos de transformación.
- 7.- Cuando se instale más de un transformador de potencia, éstos deben estar colocados en sus bahías correspondientes y separados por una bahía en la cual se coloca el interruptor de transferencia, lo anterior es para evitar el tener que colocar mamparas entre transformadores de potencia.

**6.12.3.2 Para alimentadores en media tensión y caseta**

- 1.- Considerar las canalizaciones subterráneas suficientes para la interconexión de equipos y tableros de P.C.M. o SISCOPROMM, de acuerdo a la capacidad máxima de alimentadores en la subestación.
- 2.- Proyectar las canalizaciones subterráneas suficientes para los circuitos de distribución a requerir, y estos se hacen en camas de acuerdo a las normas de redes subterráneas.
- 3.- La caseta de control se debe proyectar previendo el crecimiento máximo y sin interferir en el crecimiento de la obra electromecánica de la subestación.
- 4.- Para interruptores alojados en tableros Metal Clad se debe preparar la trinchera para la salida de los circuitos de distribución subterránea de acuerdo a la capacidad máxima de alimentadores en la subestación.

**6.12.4 Distancias de seguridad**

Se entiende como distancias mínimas de seguridad, a los espacios libres que permitan circular y efectuar maniobras al personal dentro de una subestación, sin que exista riesgo para sus vidas y con un mínimo de operaciones durante las maniobras de trabajo.

Las distancias mínimas de seguridad en una subestación, consideran los siguientes conceptos:

140218	Rev									
--------	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--

**6.12.4.1 Zona de circulación del personal**

En una subestación, la altura de las partes vivas al nivel del piso terminado, debe ser tal, que permitan la circulación del personal. Dicha altura mínima es la suma de la distancia base de fase a tierra, aumentada en 2.30 m que es la altura que puede alcanzar un operador de talla media con un brazo levantado.

La altura mínima de las partes vivas sobre el suelo en zonas no protegidas por cercas, siempre debe ser superior a 3 m, y la altura mínima sobre el suelo, de la parte inferior de un aislador tipo columna, en zonas no protegidas, debe ser mayor de 2.30 m, ya que el aislador se considera como una pieza sujeta a un gradiente de tensión, cuya parte metálica inferior está al potencial de tierra.

En subestaciones eléctricas donde por motivos especiales, las partes bajo tensión se encuentran a alturas inferiores a las especificadas, se deben instalar barandales protectores, o bien cercas que impidan el acercamiento a las partes vivas a distancias menores a las de seguridad.

Los barandales deben tener 1.20 m de altura y quedar a una distancia de las partes vivas igual a la distancia entre fase a tierra aumentada en 0.90 m, como mínimo.

**6.12.4.2 Zona de circulación de vehículos**

La distancia horizontal a las partes vivas debe ser de 0.70 m mayor que la de fase a tierra, para tener en cuenta las maniobras y la imprecisión en la conducción del vehículo. La distancia vertical a las partes vivas debe ser por lo menos igual a la distancia base para conexiones rígidas y en el caso de barras flexibles es igual a la distancia base más 0.5 m, para absorber los movimientos de los cables.

El espacio para la circulación de vehículos con cargas pesadas se determina tomando en cuenta las dimensiones exteriores del vehículo de mayor tamaño que se piense utilizar, incluido el transformador más voluminoso que se instale en la subestación.

**6.12.4.3 Zona de trabajo**

En cualquier sección de A.T. de una subestación eléctrica, después de desconectar los interruptores y cuchillas de la sección de que se trate y sin desconectar las secciones contiguas, el personal de mantenimiento debe trabajar con seguridad plena.

En ningún caso, la distancia total deber ser inferior a 3 m en aquellos casos en que, por alguna razón, no se puedan lograr las distancias mínimas de seguridad, todas las partes vivas de la sección deben aislarse del contacto humano por medio de barreras de protección que impidan los acercamientos peligrosos.

Durante la construcción de las instalaciones eléctricas, grandes o pequeñas, o en el empleo de máquinas o aparatos que van a prestar algún tipo de servicio eléctrico, es una norma fundamental de seguridad que todas las partes metálicas que se encuentran accesibles al contacto con las personas se debe mantener siempre a un potencial bajo, para que en caso de accidente no resulte de peligro para las personas.

Esto quiere decir que las instalaciones eléctricas deben estar diseñadas para prevenir el peligro de cualquier contacto accidental de las partes metálicas circundantes con los elementos que se encuentran bajo tensión, los cuales deben estar provistos de los apoyos y aisladores adecuados.

Aún con estas medidas de seguridad permanece el peligro de que estas partes normalmente aisladas, puedan tener contacto con las partes que no están a tensión y se tenga un potencial con respecto al suelo (tierra) apareciendo un potencial anormal, esto puede ocurrir por una causa accidental o defecto del sistema de tierras.

Como se sabe una corriente eléctrica que circula por el cuerpo humano puede producir un efecto más o menos grave e inclusive la muerte según sea su intensidad y duración, su naturaleza y las condiciones en que se encuentre la persona afectada.

140218	Rev								
--------	-----	--	--	--	--	--	--	--	--

Las distancias en aire de fase a tierra y de fase a fase deben garantizar una probabilidad de flameo tal, que resulte baja desde el punto de vista de los criterios de diseño adoptados. Esto conduce al establecimiento de distancias mínimas de no flameo entre fase y tierra o entre fases y que se determina principalmente para los impulsos por rayos y por maniobra, según los niveles de aislamientos.

El concepto de distancia dieléctrica en aire es general y desde el punto de vista del diseño, parte de la relación entre la tensión crítica de flameo por rayo (VCF) o por maniobra (VCS) y el nivel básico de aislamiento al impulso por rayo (NBAI) o por maniobra (NBA).

Además de las distancias eléctricas, existen consideraciones relacionadas con la seguridad del personal para la operación y mantenimiento de una subestación eléctrica, especialmente las de alta tensión. Partiendo de la base que las denominadas partes vivas (con potencial), deben quedar siempre fuera del alcance del personal, por medio de las siguientes formas:

- 1.- Las partes vivas se pueden colocar fuera del alcance del personal, usando distancias de las zonas de trabajo y circulación suficientemente grandes para contactos eléctricos.
- 2.- Las partes vivas se pueden hacer inaccesibles por medio del uso de barreras o cercas de aislamiento o partes vivas de la instalación.
- 3.- El uso de equipo en el que las partes vivas queden encerradas.

Para el establecimiento de las distancias de seguridad se deben considerar los siguientes puntos:

- I) Maniobras de los operadores o personal de cualquier puesto de la instalación.

Cualquier maniobra para realizar trabajos de mantenimiento, reparaciones o modificaciones de cualquier parte de una subestación eléctrica, se deben hacer hasta que se haya efectuado la apertura de interruptores y cuchillas (medio físico visible de apertura) para asegurar el libramiento en la sección de trabajo, considerando que cualquier trabajo se debe realizar con el máximo de seguridad, las distancias de seguridad de las zonas de trabajo se obtienen con el principio general de aumentar a la distancia mínima de fase a tierra.

- II) Circulación de personal.

Es frecuente que en algunos diseños de subestaciones eléctricas no se usen barreras o cercas de protección, en estos casos la altura mínima sobre el nivel del piso terminado a las partes vivas debe ser adecuada como para que el personal pueda circular por la subestación con seguridad.

- III) Circulación de vehículos.

En las subestaciones eléctricas grandes existen, debido a la necesidad de maniobras de operación y labores de mantenimiento, zonas de circulación de vehículos. Los espacios para circulación de éstos, se calculan de acuerdo a las dimensiones de los que se decidan podrán circular por estas zonas.

#### **6.12.4.4 Blindaje**

Con el propósito de proporcionar un blindaje a los equipos y conductores de fase de las subestaciones contra las sobretensiones de origen atmosférico y principalmente las de tipo indirecto, se deben instalar siempre que sea posible cable de guarda y bayonetas.

Dependiendo del tamaño de la subestación, se puede emplear cualquiera de estos dos dispositivos o ambos, los cables de guarda deben cumplir con la función principal de proteger a los conductores de fase de la subestación y las bayonetas deben de cubrir las zonas que no se encuentren protegidas por el cable de guarda y en particular algunos equipos.

140218	Rev									
--------	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--



Los cálculos y diseños de blindajes se determinan conforme a la especificación CFE L0000-06 "Coordinación de Aislamiento".

**6.12.5 Materiales a utilizar**

Una selección cuidadosa de los materiales a utilizar en una subestación tipo intemperie ubicada en zonas de contaminación, impacta directamente sobre los riesgos de falla y el costo de mantenimiento.

Los materiales especificados para las áreas de contaminación, deben ser capaces de soportar el proceso de corrosión, abrasión por viento y polvo, además de la propia contaminación salina o de tipo industrial.

**6.12.5.1 Materiales para estructuras de montaje de equipos y herrajes**

La contaminación salina y algunos tipos de contaminación industrial, suelen producir corrosión en las estructuras metálicas, requiriéndose entonces de la aplicación de recubrimientos protectores y en casos extremos lavado constante.

**6.12.5.2 Materiales para conectores, buses y herrajes**

La selección de los materiales adecuados para la conexión física del equipo primario de la subestación y la instalación de buses, es esencialmente un problema económico, en el cual no solo se consideran las propiedades eléctricas del conector sino también sus propiedades mecánicas, la facilidad de hacer conexiones, las limitaciones de espacio y sobre todo la resistencia a la corrosión y su mantenimiento.

Los materiales que presentan las mejores características para utilizarse en conectores son las aleaciones de cobre (bronce) y aluminio. Existen en el mercado una amplia gama de conectores, clemas y grapas cuyas características mecánicas y eléctricas satisfacen ampliamente este requerimiento. Para los buses de las subestaciones en áreas de contaminación el cobre es el material adecuado y respecto a herrajes se prefieren los de fierro con galvanizado extra.

**6.12.6 Arreglos físicos**

Para la Subdirección de Distribución, se cuenta con 4 arreglos normalizados básicos de barras en Alta Tensión: Barra Principal, Barra Principal – Barra de Transferencia, Anillo y Arreglo en "H".

Anexo 6.12.6.1 Arreglo planta

Anexo 6.12.6.2 Arreglo corte

**6.12.7 Aspectos a considerar en el diseño de subestaciones de distribución**

Así mismo, se consideran algunos aspectos para evitar impactos ecológicos. Los criterios a seguir en el proyecto de subestaciones son:

- 1.- No se coloca sanitario debido a que las subestaciones de distribución no son atendidas de forma permanente ya que son telecontroladas. Para las actividades de mantenimiento y libranzas, por ser de forma temporal, se debe considerar la contratación de servicios portátiles.
- 2.- Se deben utilizar bardas lo suficientemente altas para ocultar el equipo, su diseño debe ser acorde con el entorno para Subestaciones Eléctricas.
- 3.- El arreglo en bajo relieve disminuye en forma considerable el impacto visual hacia la población.

140218	Rev									
--------	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--



- 4.- Se deben tener fosas colectoras de derrames de aceite para salvaguardar el entorno ecológico.
- 5.- Se bloquean los ruidos por construcción y por operación de interruptores, con el uso de bardas altas.
- 6.- La utilización de tableros Metal Clad reduce en gran parte el impacto visual y de ruido por operación de interruptores de media tensión.
- 7.- Las salidas de circuitos subterráneos de la bahía o tablero Metal Clad de media tensión reduce el impacto visual.

### **6.13 Alumbrado**

Las áreas de la subestación de distribución (caseta, zona de equipo instalado y de tránsito), deben tener una iluminación adecuada para que el personal de operación y mantenimiento pueda realizar sus trabajos.

En general, en la iluminación de las áreas se pueden considerar cuatro propósitos:

- a) Seguridad en la operación del equipo
- b) Tránsito sin peligro
- c) Inspección del equipo
- d) Trabajo de mantenimiento.

#### **6.13.1 Alumbrado exterior**

La instalación del alumbrado exterior en la zona de equipo instalado y de vialidades interiores se debe realizar en la periferia de área eléctrica y en los accesos a la subestación y debe dirigirse principalmente hacia el equipo primario, controlándose a través de fotoceldas o contactores, de acuerdo a las necesidades de la subestación y debe ser en 2 circuitos independientes:

##### **6.13.1.1 Con alumbrado mínimo (foto celda y contactor)**

Es conveniente colocar lámparas de manera dispersa en un mismo circuito controlados por fotocelda pero iluminando los equipos principales (transformador de potencia e interruptores de potencia) y el acceso a la subestación, con esto aseguramos que no haya penumbra total y se obtiene un ahorro de energía.

##### **6.13.1.2 Todo en emergencia (manual)**

Cuando se trata de iluminar el resto de los espacios para complementar el alumbrado mínimo como lo son las grandes áreas exteriores y demás equipo principal se emplean por lo general lámparas controladas manualmente por un interruptor termomagnéticos.

En ambos casos de control por fotocelda o manual, se utilizan proyectores de vapor de sodio de 250 watts; 220 volts; 2 fases, (herméticas al polvo y al agua) para operación en exteriores.

#### **6.13.2 Alumbrado interior (caseta)**

El alumbrado en la caseta no representa mayor problema que una instalación eléctrica industrial de baja tensión a 127 volts, únicamente debe respetar la sección transversal de los conductores marcados en los planos y verificar que el equipo de protección (interruptores termomagnéticos) cumpla con la capacidad interruptiva indicada.

140218	Rev								
--------	-----	--	--	--	--	--	--	--	--

En el interior del cuarto de baterías, se debe evitar la instalación de contactos o apagadores porque provocan arcos eléctricos o chispas al ser operados, lo cual es peligroso debido que en el ambiente se generan gases del banco de baterías, por lo que deben colocarse instalaciones eléctricas a prueba de explosión.

La colocación de vitrobloc en los muros de las casetas de control favorece la iluminación con la luz del día evitando el encendido de las lámparas.

### 6.13.3 Niveles de iluminación

Para los diferentes locales y zonas, se requieren diferentes niveles de iluminación, los cuales dependen del trabajo o tareas que se requieran efectuar en cada lugar.

El nivel de iluminación necesario para conseguir una visión eficaz, rápida y confortable de la tarea encomendada, depende de los siguientes factores:

- a) Magnitud de los detalles, de los objetos que se trata de discernir.
- b) Distancia de estos objetos al observador.
- c) Factores de reflexión en las áreas.
- d) Contraste entre los detalles y los fondos
- e) Tiempo empleado en la observación de los objetos.
- f) Rapidez de movimiento de los objetos observados.

Según la importancia de estos factores, se han definido distintos niveles de iluminación, para distintos tipos de locales y las diferentes tareas visuales. Estos niveles de iluminación se expresan en la tabla 4.

**TABLA 4 - Niveles de iluminación recomendados**

Local	Nivel de iluminación (luxes)	
	(Preferible)	(Mínimo)
Locales Interiores:		
a) Cuartos de baterías	200	100
b) Cuartos de control:	300	200
- Alumbrado de emergencia, todas las áreas	30	
c) Caseta Metal Clad	300	200
Local	(Luxes)	
Áreas Exteriores		
a) Zona de equipo instalado y de paso:		
- Iluminación general horizontal	20	
- Iluminación general vertical (sobre equipo)	20	
b) Zonas alrededor de la caseta de control:		
- Entrada principal	100	

### 6.13.4 Métodos para el cálculo de iluminación

Existen varios métodos de cálculo, el método de los lúmenes utilizado para la iluminación interior y el método de punto por punto para iluminación de exteriores.

140218	Rev								
--------	-----	--	--	--	--	--	--	--	--

**6.13.5 Planos anexos**

Anexo 6.13.5.1 Alumbrado planta

Anexo 6.13.5.2 Alumbrado, detalles.

**6.14 Consideraciones para la Selección del Tipo de Luminaria**

**6.14.1 Tipo de servicio**

Según el lugar donde se vaya a instalar la unidad, ya sea interior o intemperie.

**6.14.2 Tipo de diseño**

En las casetas de control, se requieren unidades de diseño para ambiente interior normal, a excepción del cuarto de baterías en el cual se deben instalar unidades a prueba de explosión que está clasificado como área y local peligroso, clase 1, División I, (ver ANSI-C2) así como el equipo complementario, debe ser seguro y los accesorios que se instalen deben ser tipos aprobado para dicho lugar.

En las zonas exteriores, se deben instalar unidades herméticas al polvo y agua tipo proyector.

**6.14.3 Tipo de montaje**

En las casetas de control se deben instalar unidades del tipo de suspensión.

Para el alumbrado exterior de la caseta de control de la subestación eléctrica. Se emplearán unidades para montaje en la pared tipo wallpack.

Para el alumbrado de las zonas de paso y de equipo instalado, las unidades deben ser montadas en postes, con la base de la unidad hacia arriba dirigiendo los rayos luminosos hacia abajo.

Es importante considerar que la altura de la luminaria está en función de su flujo luminoso  $\Phi_l$

Flujo de la lámpara (lm)	Altura (m)
$3\ 000 \leq \Phi_l < 10\ 000$	$6 \leq h < 8$
$10\ 000 \leq \Phi_l < 20\ 000$	$8 \leq h < 10$
$20\ 000 \leq \Phi_l < 40\ 000$	$10 \leq h < 12$
$\geq 40\ 000$	$\geq 12$

**6.14.4 Tipo de luminaria**

**6.14.4.1 Lámparas fluorescentes**

En general para el alumbrado normal interior de la caseta de control, se instalan las lámparas fluorescentes debido a las siguientes razones:

- Las lámparas fluorescentes, debido a su alto rendimiento luminoso y a su larga duración útil en comparación con las lámparas incandescentes, resultan más económicas, cuando el nivel de iluminación necesario sobre el plano de trabajo alcanza o sobrepasa los 200 luxes, sobre todo si la instalación ha de estar funcionando durante un elevado número de horas (2 000 horas o más).
- En las lámparas fluorescentes el flujo luminoso es fácil controlable, por lo que, hay una gran variedad de distribuciones luminosas.

140218	Rev									
--------	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--

- En la mayoría de los locales interiores, se requiere una mayor superficie de la fuente de luz, con objeto de tener una mejor distribución de la luz y una menor brillantez intrínseca de la fuente.

#### **6.14.4.2 Lámparas de vapor de sodio de alta presión**

Para el alumbrado normal de las zonas de paso y de equipo instalado en el área eléctrica de la subestación eléctrica, se prefieren las lámparas de vapor de sodio a alta presión tipo proyector por las siguientes razones:

- Las lámparas de vapor de sodio a alta presión, son las más económicas para estos casos, debido a su alto rendimiento luminoso y a su larga duración.
- En estas zonas de la subestación no se requiere una buena discriminación de los colores, por lo cual no se hace prohibitivo el empleo de la lámpara de vapor de sodio a alta presión; además este tipo de lámpara suministra una luz monocromática amarilla, que resulta muy favorable en caso de bruma o niebla y que, en condiciones normales, procura una mejor visibilidad.
- La lámpara de vapor de sodio a alta presión, es una fuente luminosa concentrada, lo que facilita un control preciso de los rayos luminosos para iluminar el área o equipo de interés.

#### **6.14.4.3 Lámparas de “led”**

Para el alumbrado exterior de la subestación se recomienda el uso de lámparas de vapor de sodio a alta presión (250 watts) o las lámparas tipo proyector a base de leds (80 watts mínimo); éstas últimas tienen las siguientes ventajas:

Las lámparas de led son de buena calidad de iluminación.

- Son de un consumo mínimo de potencia eléctrica, por lo que se pueden multiplicar las fuentes de iluminación.
- Larga vida útil.
- Luz blanca que distingue los colores de manera clara.

En el caso del alumbrado en el interior de las casetas de control, también se pueden utilizar lámparas de leds, excepto en la sala de baterías donde se deben de utilizar lámparas a pruebas de explosión.

Para el alumbrado interior y exterior se tiene la opción de que el alumbrado sea autosustentable, es decir alimentado por paneles solares y sus componentes siguientes: controlador de carga, caja para baterías, soporte para panel solar, luminaria y batería. A juicio del proyectista se debe de prever que el alumbrado cuente con alimentación de respaldo.

### **6.15 Estructuras**

#### **6.15.1 Características de subestaciones eléctricas de distribución**

Las estructuras metálicas utilizadas en subestaciones eléctricas de distribución, considerando su uso, se pueden clasificar en mayores y menores.

Las estructuras metálicas mayores son aquellas estructuras a base de marcos metálicos que tienen como fin sostener cables de energía eléctrica, equipos y accesorios.

140218	Rev									
--------	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Las estructuras metálicas menores son aquellas que tienen como fin sostener el equipo primario diverso de la subestación eléctrica de distribución, siendo algunos de estos: cuchillas, apartarrayos, interruptores, aisladores soporte, trampas de onda y transformadores: de corriente, de potencial capacitivo o potencial inductivo.

**6.15.2 Diseño de estructura para subestaciones eléctricas de distribución**

Para determinar el diseño de cada uno de estos elementos estructurales, el especialista en cálculo estructural debe cumplir con los lineamientos técnicos y de calidad definidos en las especificaciones CFE JA100-65 Cimentaciones para Estructuras de Subestaciones Eléctricas, CFE JA100-57 “Estructuras Metálicas Mayores y Menores para Subestaciones” y CFE VY200-40, Subestaciones Blindadas en Gas SF<sub>6</sub> de 72.5 kV a 420 kV.

Para el diseño de “Estructuras Metálicas Mayores y Menores para Subestaciones”, se considerará lo siguiente:

- a) Criterios de diseño y memoria de cálculo detallada.
- b) Tabla resumen de cargas y diseño donde se indique: cargas y momentos de diseño, número de las combinaciones de cargas correspondientes, dimensiones de perfil.
- c) Características de los materiales propuestos.
- d) Secciones que resultan del análisis estructural.
- e) Deformaciones elásticas admisibles.
- f) Planos y dibujos definitivos de taller de secciones diseñadas.

**Nota:** En caso que se contemple la construcción de una subestación blindada en gas SF<sub>6</sub>, a la intemperie, se debe considerar en el diseño el empuje causado por el viento, para lo cual en las características particulares de cada obra, se debe proporcionar la velocidad del viento máximo correspondiente al sitio de la instalación. Para el diseño de la subestación, sus estructuras o bases, su cimentación; así como en los puntos de acoplamiento con otros equipos, se deben considerar los esfuerzos causados por sismo.

**6.15.3 Protección anticorrosiva de subestaciones eléctricas de distribución**

Para la protección anticorrosiva de estructuras de subestaciones eléctricas de distribución, deben de galvanizarse por el método de inmersión en caliente todos los elementos incluyendo las anclas y tornillería, con un espesor de 100 µm como mínimo, para piezas con espesores iguales o mayores de 6mm, con un espesor de 85 µm como mínimo.

**6.15.4 Planos anexos de subestación eléctrica de distribución de bajo perfil**

Para esta sección se realizó el cálculo y diseño de todas las estructuras metálicas mayores y menores de una subestación eléctrica de bajo perfil, cuyos parámetros de diseño fueron los siguientes:

- Capacidad de carga del terreno = 1.00 kg/cm<sup>2</sup>,
- Velocidad regional del viento = 160 km/h,
- Periodo de retorno = 100 años,
- Zona sísmica = “D”,
- Terreno tipo = III,
- Estructuras del Grupo = A,
- Coeficiente sísmico = 0.3

140218	Rev									
--------	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--

- Anexo 6.15.4.1 Estructura percha tipo “A”
- Anexo 6.15.4.2 Estructura soporte corto trifásico en “H” para cuchillas
- Anexo 6.15.4.3 Estructura soporte largo trifásico en “H” para cuchillas
- Anexo 6.15.4.4 Estructura soporte corto para apartarrayos
- Anexo 6.15.4.5 Estructura soporte corto para transformador de instrumento (TP’s; DP’s; TC’s).
- Anexo 6.15.4.6 Estructura soporte corto en “T” para aisladores tipo Pedestal.
- Anexo 6.15.4.7 Estructura soporte largo trifásico en “H” para aislador tipo pedestal.
- Anexo 6.15.4.8 Soporte corto para aislador tipo pedestal.
- Anexo 6.15.4.9 Poste tubular pararrayos.
- Anexo 6.15.4.10 Murete de transición de Media Tensión.
- Anexo 6.15.4.11 Soporte largo en “H” para transformador de instrumentación.
- Anexo 6.15.4.12 Poste para alumbrado.
- Anexo 6.15.4.13 Soporte terminales de transición de AT.

**6.15.5 Planos anexos de subestaciones Blindadas en Gas SF<sub>6</sub>**

Los planos de estructuras deben ser realizados y calculados por parte del fabricante, conforme a los alcances de Proyecto.

Los siguientes planos anexos tipo, fueron calculados con los siguientes parámetros para una subestación blindada en SF<sub>6</sub>.

- Capacidad de carga del terreno = 1.00 kg/cm<sup>2</sup>,
- Velocidad regional del viento = 160 km/h,
- Periodo de retorno = 200 Años,
- Estructuras del grupo = A,

Coeficiente sísmico = 0.50 (según norma NRF-022-CFE-2010)

**6.16 Sistemas Contra Incendio**

Una subestación de distribución requiere de múltiples medidas de seguridad ante los diversos accidentes o fallas que pueden ocurrir en los equipos y accesorios instalados, durante su operación; por lo que durante su diseño, se deben emplear sistemas que brinden esa seguridad que le permita elevar su grado de confiabilidad. Uno de estos sistemas es el sistema contra incendio.

140218	Rev									
--------	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--



Los sistemas contra incendio pueden clasificarse en dos tipos:

- a) **Sistemas activos (automáticos):** son aquéllos sistemas que se activan ante la presencia de fuego en ciertas áreas y cuando éste cobra tal magnitud a la previamente establecida, se accionan algunos equipos tales como el sistema de aspersion de agua tipo diluvio, el empleo de polvo químico con el cual se cubre el área incendiada, o bien el accionamiento de algún extinguidor que evite que el fuego se propague.

Dichos sistemas activos no son de aplicación en las Subestaciones de Distribución, aunque actualmente se han utilizado sistemas de protección en transformadores de potencia a base de detección de gases generados por fallas internas (comúnmente llamado Transformer Protector), será decisión del usuario su utilización.

- b) **Sistemas pasivos (no automáticos):** son aquéllos sistemas que: (a) para su activación requieren la presencia de personal para accionarlos, (b) que proporcionan información mediante detectores con señalización y alarmas y (c) aquellos que sirven para captar y controlar el escurrimiento de fluidos propagadores del fuego. Los componentes de este tipo de sistemas pasivos se ubican cercanos a las zonas de alto riesgo o alta posibilidad de incendio, dichos componentes son: extinguidores, detectores de humo, sellos y puertas cortafuego, extractores, mamparas protectoras, canalizaciones circundantes a equipos con aceite (por ejemplo en cimiento del transformador) y fosas contenedoras de disposición final del fluido. Este es el sistema aplicable para Subestaciones de Distribución.

**6.16.1 Distancia de seguridad entre equipos**

Se refieren a las distancias que deben guardar entre sí los equipos eléctricos que contienen aceite, susceptibles de explosión o incendio, a fin de evitar daños a instalaciones aledañas, evitando el uso de barreras corta-fuego, previendo espacios libres y suficientes para facilitar todas las actividades de extinción de incendios.

**6.16.2 Sistema de protección contra la propagación del fuego**

Se trata de las instalaciones que evitan se propague el fuego a áreas vecinas.

**6.16.3 Sistema de extinción del fuego**

Dentro de los agentes extinguidores más usuales se tienen:

- a) Bióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>).
- b) Polvo químico seco
- c) Polvos especiales.

Estos agentes no son conductores de electricidad; siendo el bióxido de carbono y el polvo químico seco, los agentes utilizados para combatir fuegos de equipo eléctrico.

**6.16.4 Extinguidores**

Al haberse detectado fuego en algún equipo o área de la subestación, lo primero en utilizarse son los extinguidores; por esta razón, deben seleccionarse, distribuirse e instalarse adecuadamente, ya que de ello depende que el fuego sea extinguido en sus inicios.

De acuerdo a la sustancia que contienen, los extinguidores más usuales son los siguientes:

140218	Rev									
--------	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--

**6.16.4.1 Extinguidores de bióxido de carbono**

Se utiliza de preferencia para combatir el fuego de equipo eléctrico energizado, el agente no es tóxico, no es corrosivo y no deja residuos.

**6.16.4.2 Extinguidores de polvo químico seco**

En este tipo de extinguidores, el polvo químico comúnmente utilizado, es el polvo polivalente o fosfato monoamónico; no es tóxico, rompe la reacción en cadena, aunque deja residuos corrosivos (debe limpiarse el área en donde se aplicó el polvo, antes de 12 h.) y no es conductor de electricidad. Se utiliza para extinguir todo tipo de fuego.

**6.16.5 Fosa captadora y colectora de aceite**

Se refiere a las instalaciones previstas para derrames de aceite en transformadores de potencia (base ecológica captadora de aceite y fosa colectora).

La fosa captadora (base ecológica captadora), debe construirse en torno a la base del transformador considerándose como parte constitutiva de dicha base.

Deben tomarse las medidas adecuadas para que el aceite captado no penetre en el subsuelo y lleguen a contaminar el manto de agua. Debe tener un área tal que permita el drenado del aceite derramado hacia la fosa colectora.

La fosa colectora de aceite debe ubicarse en un lugar accesible de la subestación y lo más alejada posible del transformador de potencia. Su capacidad debe ser del 120 % del volumen de aceite del transformador de potencia de mayor capacidad que se esté considerando para la subestación eléctrica.

El diseño de esta fosa colectora, debe permitir la separación del aceite, agua o lodos; así como la extracción del agua por precipitaciones pluviales capte esta fosa.

Entre las dos fosas debe existir una tubería de conexión de fierro de un diámetro no menor a 25.4 cm que permita la conducción del aceite por gravedad de la fosa captadora a la fosa colectora.

Dicha tubería tendrá mínimo un valor de 0.5 % de pendiente

**6.16.6 Medidas preventivas contra incendio en caseta**

La seguridad en las casetas de control de las subestaciones eléctricas reviste especial importancia, debido a que en éstas se encuentran centralizados los sistemas y equipos de protección, control y medición de la instalación, los cuales intervienen directamente en la operación del equipo primario de la misma y sus equipos asociados.

Las medidas preventivas contra incendio aplicables son las siguientes:

- 1) Materiales de construcción.

Para la construcción de la caseta de la subestación y del cuarto de baterías, los materiales a utilizar deben ser no combustibles y resistentes al fuego. Se debe evitar la instalación de plafones falsos o cualquier otro tipo de acabados inflamables

- 2) Barreras cortafuego.

Se requiere instalar barreras cortafuego en las salidas y llegadas de los cables de fuerza, control y señalización por trinchera o por charola, así como entre los pasos por otros cuartos.

140218	Rev									
--------	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Las barreras cortafuego tienen la función de proteger y seccionar las áreas, así como controlar la propagación del fuego.

Los materiales utilizados para las barreras cortafuegos deben realizar cuatro funciones básicas:

- a) Detener la propagación del calor del fuego.
  - b) Restringir y detener la diseminación del humo que se produce por el incendio.
  - c) Restringir y detener la diseminación de los productos tóxicos emanados de la combustión.
- 3) Tableros de protección, control y medición.

El alambrado utilizado debe ser del tipo antífama, retardante al fuego, tal como se indica en la norma NMX-J-438-ANCE "Productos Eléctricos-Conductores-Cables con Aislamiento de Policloruro de Vinilo, 75 °C para Alambrado de Tableros-Especificaciones."

Deben sellarse todos los ductos y pasos de cables entre gabinetes, utilizando agentes pasivos contra incendio.

- 4) Sala de baterías

Debido a que los bancos de baterías de Plomo-Acido contienen un electrolito compuesto por 76 % de agua y 27 % de ácido sulfúrico y cuando suministran carga a los diversos equipos, aumenta su temperatura provocando, una reacción que origina el desprendimiento de gases de hidrógeno los cuales al llegar a concentraciones del 4 % o mayores del volumen total del cuarto, son altamente explosivos; representando un elevado riesgo para la instalación y el personal.

Debe instalarse una puerta cortafuego de acceso a la sala de baterías que lo aisle del exterior y que soporte el fuego como mínimo una hora, así como un medidor de nivel de hidrogeno y uno de temperatura.

Además, se requiere un doble sistema de ventilación-extracción de aire, un extractor para mantener limpio y bien ventilado el interior de la habitación, evitando concentraciones de hidrógeno mayores de 1 % en volumen. El extractor de respaldo debe operar automáticamente por alto nivel de concentración de hidrógeno (mayor al 1 % en volumen) y si se presenta el caso, por falla del extractor principal.

- 5) Detectores

Instalar medidores de humo tipo fotoeléctrico distribuidos en la caseta de control, tableros metal-clad y edificio de la subestación blindada en SF<sub>6</sub>

La ubicación; cantidad y características de los elementos del sistema contra incendio extinguidores dentro de la subestación eléctrica, debe cumplir lo indicado en la guía CFE H1000-41 "Prevención, Control y Extinción de Incendios en Subestaciones Eléctricas de Distribución".

**6.16.7 Medidas preventivas contra incendio en área eléctrica**

La seguridad en el área eléctrica incluye la colocación estratégica de:

140218	Rev									
--------	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Extintores de polvo químico ABC de 70 kg tipo carretilla con cubierta protectora fija, se deben colocar dos unidades por cada dos bahías en área de acometida de alta tensión y una unidad en área de transformación.

Extintores de bióxido de carbono y polvo químico seco, de 6 kg, en el interior de las casetas (control, metal clad y edificio de SF<sub>6</sub>).

Extintores de bióxido de carbono y polvo químico seco, de 9 kg, en el exterior de las casetas (control, metal clad y edificio de SF<sub>6</sub>).

Colocación de sellos cortafuego en todas las salidas de ductos en registros y gabinetes

**6.16.8 Planos anexos**

- Anexo 6.16.8.1 Sistema contra incendio
- Anexo 6.16.8.2 Fosa colectora de aceite.
- Anexo 6.16.8.3 Letreros preventivos.
- Anexo 6.16.8.4 Sistema contra incendio, Detalles.

**6.17 Sistema de Drenaje Pluvial**

Se refiere al conjunto de elementos o componentes de obra civil, por ejemplo: pisos terminados, guarniciones, cunetas, contracunetas, lavaderos, bocas de tormenta, ductos y registros, entre otros; que tienen como fin el captar, conducir, encausar y desalojar las aguas pluviales en una subestación eléctrica; evitando con ello el acumulamiento de agua en los registros eléctricos y áreas de la subestación, la reducción de la vida útil en pisos terminados, accidentes y riesgos inherentes al acumulamiento de agua.

**6.17.1 Determinación de la captación pluvial**

Para el diseño del sistema de drenaje pluvial, es necesario determinar primeramente la magnitud de la captación y escurrimiento pluvial, para ello, puede utilizarse el Método Racional Americano, que consiste en lo siguiente:

**Q = 0.278 CipA**

- En donde:
- Q = Gasto en m<sup>3</sup>/s
- C = Coeficiente de escurrimiento adimensional
- ip = Intensidad de lluvia de la tormenta de diseño en mm/h
- A = Superficie drenada en km<sup>2</sup>

Dicho método se basa en considerar que en una superficie se tiene lluvia uniforme durante un cierto tiempo, de manera que el escurrimiento en dicha área se establezca y se tenga un gasto constante en la descarga.

**Coeficiente de escurrimiento**

Para determinar el coeficiente de escurrimiento se requiere el conocimiento de la permeabilidad, la cual depende de las características del uso del suelo, tipo de edificación, pavimento, zonas ajardinadas, entre otras, se utilizan los valores indicados en Tablas 1 y 2 o los obtenidos del estudio de las condiciones particulares del proyecto.

**Intensidad de lluvia**

La intensidad de lluvia de la tormenta de diseño se determina por medio de análisis estadísticos y probabilístico de los registros pluviométricos, de las estaciones climatológicas ubicadas en la región en que se localiza el

140218	Rev								
--------	-----	--	--	--	--	--	--	--	--

proyecto, con los datos de los registros se determinan los valores de precipitación e intensidad de lluvia con recurrencia en determinado tiempo o período de retorno.

La precipitación pluvial  $p$ , es la altura de la lámina de agua que se acumula en un sitio, sin infiltrarse o evaporarse, en determinado tiempo.

Para obtener los valores de precipitación ( $p$ ) e intensidad de lluvia ( $ip$ ), para determinado período de retorno ( $Tr$ ), cuando se cuenta con registros continuos de precipitación durante varios años, se utilizará la metodología indicada en el Análisis Estadístico y Probabilístico en Hidrología, del Manual para Proyectos de Alcantarillado Pluvial, edición 2000, de la Comisión Nacional del Agua (CNA).

**Superficie drenada**

La superficie drenada  $A$  para un proyecto determinado, corresponde a la superficie hidrológica, en proyección horizontal, que incide en el predio en estudio. La superficie hidrológica, es el área de terreno donde el escurrimiento superficial drena hacia un cauce natural o artificial. Las condiciones topográficas del terreno definen la superficie a escurrir por agua de lluvia.

**TABLA 5 - Valores del coeficiente C, para zonas urbanizadas**

Tipo de Área Drenada	Coeficiente de escurrimiento C
Comercial Principal	0.80
Secundaria	0.60
Residencial Unifamiliar espaciado	0.40
Unifamiliar compacto	0.60
Multifamiliar espaciado	0.50
Multifamiliar compacto	0.70
Semi urbano	0.35
Industrial Espaciado	0.65
Compacto	0.75
Zona suburbana	0.20 *
Vialidades de Asfalto	0.85
Concreto hidráulico	0.90
Adoquín	0.80
Banquetas	0.90
Estacionamientos	0.80

140218	Rev									
--------	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--

**TABLA 6 - Valores del coeficiente C, para zonas naturales**

Características de la cuenca	Valores del coeficiente C			
1.- Relieve	(0.40) Escarpado Terreno abrupto, Pendiente > 30 %	(0.30) Montañoso Pendiente 10 % a 30 %	(0.20) Lomerío Pendiente 5 % a 10 %	(0.05) * Plano Pendiente 0 % a 5 %
2.-Infiltración en el suelo	(0.20) Despreciable Roca o suelo fino	(0.15) Baja Suelo arcilloso	(0.10) Normal Suelo limoso profundo	(0.05) Alta Suelo arenoso profunda
3.-Cubierta Vegetal	(0.20) Pobre Cubierta de plantas con efecto de intercepción, cubierta llana o esparcida	(0.15) Pobre a regular Cultivos nuevos en tiempo de cosecha, cubiertas pobres menores al 10 % de áreas de drenaje con buena cubierta	(0.10) Regular a buena Aproximadamente el 50 % del área de drenaje en pastizales, bosques o cubierta equivalente, no mayores al 50 % en áreas de cosecha o cultivos	(0.05) Buena a excelente Aproximadamente el 90 % de área de drenaje en pastizales, bosque o cubierta equivalente
4.-Almacenaje Superficial	(0.20) Despreciable Pocas depresiones y poca profundidad, corrientes escarpadas y pequeñas, sin estanque y pantanos	(0.15) Bajo Sistema bien definido de pequeñas corrientes, sin estanques y pantanos	(0.10) Normal Depresiones superficiales de almacenaje, sistema de drenaje parecidos a las áreas típicas de las pampas, lagos, estanques y pantanos menores al 20 % del área del drenaje	(0.05) Alto Grandes depresiones superficiales de almacenaje, sistema de drenaje no muy bien definidos, cauce amplio de almacenamiento o gran número de lagos, pantanos y estanques

### 6.17.2 Diseño del sistema de drenaje pluvial

Una vez definido el gasto producto del escurrimiento pluvial, se determinará la aplicación de los diferentes elementos o componentes del sistema de drenaje pluvial, que favorezcan al proyecto en los aspectos de seguridad, costo y mantenimiento.

#### Información auxiliar para el diseño del sistema de drenaje pluvial.

La información necesaria para el diseño del sistema de drenaje pluvial es:

1. Información del proyecto:
  - Plano de arreglo general de la Subestación Eléctrica
  - Plano de arreglo de cimentaciones.
  - Plano de trayectorias y trincheras.
  - Plano de terracerías y de bardas y cercas.

140218	Rev								
--------	-----	--	--	--	--	--	--	--	--



- Plano que indique el proyecto completo, indicando la fase inicial y futuras ampliaciones.

2. Información climatológica:

Corresponde básicamente a los datos pluviométricos del lugar, para establecer la cantidad de agua por desaguar. La intensidad de la lluvia puede determinarse de las siguientes maneras:

- Proporcionada por Ingeniería Básica en el anteproyecto de la obra.
- Obtenida del boletín Meteorológico de la República Mexicana, editado por CFE.
- Información regional obtenida de los registros del Servicio Meteorológico Nacional.

3. Información relativa al terreno en que se va a construir la subestación eléctrica.

Esta información no es exclusiva del predio en que se va a construir, sino de zona suficientemente amplia que permita establecer las condiciones en que se presentan los escurrimientos. La información concerniente en este punto se la enlista a continuación:

- Resultados del estudio geotécnico, en el que se indique claramente el tipo de terreno, la permeabilidad y dureza del mismo, así como los mantos subyacentes de roca, o capa impermeable.
- Información topográfica de la zona, en la que se indiquen las pendientes del terreno y cauces naturales de aguas de lluvia.

4. Visita al sitio.

Adicional a la información recabada en el punto anterior, es conveniente realizar una visita para corroborar los datos recabados previamente y complementar aquellos faltantes.

Identificar si la información climatológica es confiable, en especial cuando se recurre a datos regionales, que frecuentemente se representan con registros tomados en localidades relativamente retiradas del lugar. Las condiciones locales puede ser críticas en comparación con las regionales, en algunas poblaciones se puede recurrir a las oficinas de gobierno del lugar y pedir registros tomados en el sitio. En zonas rurales, las marcas de escurrimientos superficiales y la vegetación de la zona son una buena indicación de la intensidad de las lluvias.

En terrenos con pendiente, es importante identificar los escurrimientos provenientes de terrenos colindantes, para definir las áreas reales por drenar, o bien, planear las obras de protección necesarias.

Localización de la zona de desfogue en sitio de acuerdo a planos o en su caso identificar discrepancias y observar si existe alguna posibilidad de afectar a terceros.

Cabe mencionar que salvo condiciones específicas y debidamente justificadas de tipo técnico, social o de estricto requerimiento municipal, entre otros, se puede adoptar otro tipo de solución particular, para el sistema de drenaje pluvial.

**6.17.2.1 Elementos o componentes de un sistema de drenaje pluvial**

**Pisos terminados**

Representan los elementos principales de un sistema de drenaje pluvial, puesto que son estos los que cubren casi la totalidad del predio de la subestación eléctrica y a través de los cuales se capta y se escurre el agua producto de lluvia hacia los demás elementos o componentes del sistema de drenaje pluvial.

140218	Rev									
--------	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Para lograr drenar de forma eficiente los pisos se debe tomar en cuenta los siguientes criterios:

**Pendientes pluviales.-** Representan las diferencias de nivel o elevación en los pisos terminados para encausar el agua pluvial hacia un punto deseado.

La pendiente recomendada en vialidades es de entre 1 % y 2 % para drenar de forma transversal al sentido de la circulación; mientras que en el sentido longitudinal, la pendiente recomendada mínima es de 0.75 %.

Para el resto de las áreas, las pendientes recomendadas oscilan de 0.75 % hasta 2 %, sugiriendo emplear la mayor pendiente posible en áreas cuyos pisos terminados sean a base de grava triturada.

Dependiendo de la ubicación de la subestación eléctrica y principalmente de la infraestructura municipal existente, se determinan las pendientes longitudinales y transversales más convenientes para ser encausadas a la conexión directa del colector de aguas pluviales, previa obtención de la anuencia municipal y verificando que dicha conexión no interfiera con instalaciones existentes

**Velocidad del flujo.-** En sistemas de aguas de lluvia se requerirán velocidades mayores que en aguas negras, debido a la presencia de arena gruesa, gravas etc. que arrastran las aguas; en consecuencia la velocidad mínima será de 0.75 m/s, aunque es recomendable llegar hasta 0.90 m/s. No obstante, debido al carácter abrasivo de los materiales, la velocidad de las aguas no debe ser excesivamente alta. El límite superior de la velocidad estimado como aceptable es de 3.0 m/s.

Por último, cabe mencionar que los cambios de pendiente disminuyen la eficiencia de un drenaje, por lo que de preferencia se debe emplear una sola pendiente para todo el sistema. Salvo que las condiciones del terreno no lo permitan.

**Sistema de tuberías y registros**

Se refiere a los elementos subterráneos que drenan los registros eléctricos, captan las corrientes de agua superficial o subterránea que convergen a la subestación y lo conducen hacia una boca de tormenta, evitando así la acumulación del agua en el interior de la subestación.

Las dimensiones de los registros pluviales y los diámetros de las tuberías deben calcularse a partir del gasto pluvial obtenido según el punto 6.17.1 Determinación de la captación pluvial. Estos datos se deben especificar en los planos de proyecto, así mismo se indicará el tipo de materiales a utilizar tanto en tuberías como en registros.

**Guarnición**

Es un elemento de forma geométrica de concreto hidráulico simple, cuyas funciones principales son las de delimitar las diferentes áreas de la subestación eléctrica (caseta de control, áreas eléctricas, áreas peatonales). Permitir cambio de nivel entre los pisos terminados que delimita, así como la captación y encauzamiento del escurrimiento pluvial, entre otras.

El diseño para la captación y encauzamiento del escurrimiento pluvial está basado en principios de flujo uniforme de canales, con los métodos en el diseño de conductos de gravedad y permite drenar en forma superficial en la mayor área posible, sin dañar el pavimento, ya sea por volumen o velocidad.

**Cunetas**

Son zanjas revestidas de concreto hidráulico simple o mampostería, (tipo canal), generalmente de forma triangular o trapezoidal que se construyen adyacentes a los hombros de la corona en uno o ambos lados, con el objeto de captar el escurrimiento pluvial sobre la superficie de la corona, de los taludes de los cortes o del terreno contiguo, conduciéndola a un sitio donde no haga daño a la subestación eléctrica.

140218	Rev									
--------	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--

El ancho mínimo de la cuneta, medido horizontalmente, debe ser de 1.0 m o mayor si se requiere por capacidad hidráulica.

El talud interno de la cuneta triangular tipo debe ser de 3:1, del lado de la vialidad, con un tirante de 30 cm y para la cuneta tipo trapezoidal es de 2:1 y tirante de 30 cm a 45 cm. El talud externo para las cunetas tipo triangular y trapecial es de 1.5:1.

Concreto en cunetas:  $F'c = 180 \text{ kg/cm}^2$

**Boca de tormenta**

Es un elemento constituido por una coladera con su estructura de soporte que permite la captación del escurrimiento de las aguas superficiales, consiste en una cámara de concreto hidráulico o mampostería ubicada bajo la acera, bajo el nivel de la cuneta y puede o no tener rejillas.

**Contracunetas**

Son zanjas o bordos que se construyen en las laderas localizadas aguas arriba de los taludes de los cortes, con el objeto de interceptar el agua que escurre sobre la superficie del terreno natural, conduciéndola a una cañada inmediata o a una parte baja del terreno, para evitar el saturamiento hidráulico de la cuneta y el deslave o erosión del corte.

**Lavaderos**

Son canales que conducen y descargan el agua recolectada por los bordillos, cunetas, guarniciones a lugares donde no causen daños a la estructura del pavimento. Los lavaderos pueden ser de mampostería, concreto hidráulico o metálicos. Su empleo y en su caso su diseño depende de las condiciones y características establecidas en la información del proyecto.

**Bordillos**

Son elementos que interceptan y conducen el agua que por efecto bombeo corre sobre la corona del camino, descargándolos en los lavaderos, para evitar erosión a los taludes de los terraplenes que estén conformados por material erosionable. Los bordillos pueden ser de concreto hidráulico, concreto asfáltico, suelo cemento. En todos los casos se consideran obras provisionales en tanto el talud se reforeste y se proteja por sí mismo o sea protegido mediante otro procedimiento, momento en que deben ser removidos y retirados.

**Revestimiento de canal**

Es el recubrimiento con mampostería, suelo cemento, concreto hidráulico, concreto lanzado, concreto asfáltico, especies vegetales, y mallas vegetales o geosintéticas entre otros materiales, y que se construye con el fin de proteger la superficie del canal contra la erosión.

**Vados**

Son las obras que se construyen en las zonas de cruce del camino con un cauce, para permitir el paso del agua sobre la superficie de rodamiento.

**6.17.2.2 Consideraciones adicionales para el diseño del sistema de drenaje pluvial**

Para proyectar una adecuada red de drenaje pluvial, se deben considerar adicionalmente los siguientes aspectos:

1. La red se localizará de modo que el desalajo se lleve a cabo por gravedad. En lo posible, se evitarán bombeos.

140218	Rev								
--------	-----	--	--	--	--	--	--	--	--

2. Se localizará la pendiente natural del terreno, definiéndose los colectores y ramales de modo que el flujo del agua sea en forma natural.
3. Un aspecto importante para definir la red es el desfogue; en este punto se busca que converjan todos los ramales de los escurrimientos, buscando minimizar recorridos innecesarios.
4. Se toma en cuenta la localización de estructuras y cimentaciones, así como rieles de transformadores y trincheras, con el fin de evitar interferencias a la profundidad de desplante.
5. Preferentemente debe proyectarse drenar superficialmente o canales abiertos, evitando el uso de pozos de absorción o cárcamos de bombeo.

Asimismo, se debe indicar que las tapas de los registros para red de tierra se instalen por encima del nivel de piso terminado, para que el escurrimiento pluvial no los contamine con basuras y lodos que perjudiquen su operación, a fin de captar solamente el agua necesaria de lluvia que favorezca las condiciones operativas de la malla de tierra. Mientras que las tapas de los demás registros para cables de control y para cables de M.T., por seguridad, deben ubicarse al mismo nivel que las bases para el equipo primario y evitar la introducción del agua.

La información antes descrita debe cumplir con lo indicado en las NORMAS N.CTR.CAR.1.02.010/00, "Guarniciones y banquetas"; N.CTR.CAR.1.03.003/00 "Cunetas"; N.CTR.CAR.1.03.004/00, "Contracunetas"; N.CTR.CAR.1.03.005/00, "Revestimiento de canales" N.CTR.CAR.1.03.006/00, "Lavaderos", N.CTR.CAR.1.03.008/00, "Vados" emitidos por la SCT.

### **6.18 Pisos Terminados**

Representa la superficie y acabado final de las terracerías en una subestación eléctrica, que de acuerdo a su función, se pueden emplear los siguientes.

- Pisos de concreto hidráulico reforzado en áreas de maniobras y acceso: son aquellos pisos construidos a base de concreto hidráulico y acero de refuerzo, con capacidad de resistir esfuerzos a flexo-compresión de hasta 40 ton/m<sup>2</sup>. Estos pisos tienen como fin resistir cargas vivas y puntuales de considerable valor, generadas por el tránsito de vehículos pesados o maniobras de grúas, así como la de proporcionar una superficie de rodadura uniforme, bien drenada, resistente al derrapamiento y segura.
- Pisos de concreto hidráulico reforzado en áreas eléctricas y generales. Estos pisos son conformados de igual manera que el punto anterior, pero la diferencia es que éstos deben estar diseñados para soportar un índice inferior de cargas, cuyo fin es cubrir las terracerías terminadas y ofrecer una superficie uniforme para la circulación vial (ligero) o peatonal; tales como las banquetas, las cuales son las zonas destinadas al tránsito de peatones. Su acabado debe especificarse como semipulido rayado escobillado y doblado de aristas.

Para ambos casos, el ingeniero encargado del diseño entrega al especialista en cálculo estructural, un anteproyecto de los pisos terminados, para que éste aplique los criterios indicados en el punto 6.6 Cimentaciones del presente manual, determinando la resistencia del concreto hidráulico a utilizar, sus espesores, así como características generales y particulares.

- Pisos de concreto asfáltico: es la mezcla de materiales pétreos y cemento asfáltico, aplicados en frío o en caliente, por medios mecánico y manuales (tendido y compactación), cumpliendo con una función estructural de soportar y distribuir la carga de vehículos hacia la capa inferiores del pavimento.  
Aplican exclusivamente en vialidades y con una resistencia y consistencia necesaria para resistir la circulación de vehículos de carga, y en su caso maniobras necesarias en la Subestación Eléctrica.

140218	Rev								
--------	-----	--	--	--	--	--	--	--	--

Debe cumplir con las especificaciones emitidas por la SCT para carpetas asfálticas, tiradas en frío o en caliente y de conformidad a lo estipulado en el proyecto generado por el ingeniero de diseño.

Normas aplicables en pisos de concreto asfáltico.

- NORMA N CMT-4-05-001/00 contiene los requisitos de calidad que deben cumplir los materiales asfálticos que se utilicen en la elaboración de mezclas asfálticas.
- NORMA N CMT-4-04/03 contiene los requisitos de calidad de los materiales pétreos que se utilicen en las mezclas asfálticas.
- NORMA N CMT-4-05-002/01 contiene las características de calidad de los materiales asfálticos que se utilicen en la elaboración de carpetas y mezclas asfálticas.

En este tipo de piso terminado se aplica un riego de impregnación DRF-3, que consiste en una aplicación de un material asfáltico, sobre una capa de material pétreo, con objeto de impermeabilizarla y favorecer la adherencia entre ella y la carpeta asfáltica, en una proporción de 1 litro/m<sup>2</sup> y un espesor de la carpeta mínimo de 5 cm. Lo anterior, no es limitativo, ya que depende del tipo de tráfico que se proyecte en la subestación eléctrica, y los criterios empleados por el especialista en cálculo estructural durante su diseño.

### **6.18.1 Juntas constructivas**

Representan la holgura, distancia o hueco entre dos elementos constructivos, cuya función básica es evitar el agrietamiento de los elementos, derivado de la dilatación o contracción por cambios de temperatura, humedad y fraguado del concreto, pudiendo ser longitudinales, transversales de contracción o expansión y colado transversal.

Las juntas constructivas se clasifican en tres tipos:

- 1) Juntas de aislamiento o expansión: se emplean cuando se requiera completa libertad de movimiento vertical y horizontal entre el piso y los elementos estructurales adyacentes, y deben utilizarse en uniones con muros, columnas, cimientos de equipos, registros, guarniciones, bardas, entre otros. Comúnmente se emplea el material conocido como “celotex”, que está fabricada con tablero aglomerado de fibras de bagazo de caña.  
  
También puede estar impregnado con una mezcla de asfaltos, creando una junta de expansión haciendo un efecto de colchón neumático puesto que el material puede comprimirse hasta en un 70 % de su grueso original, volviendo nuevamente a sus dimensiones sin destruirse.
- 2) Juntas de construcción: representan las juntas obligadas de construcción, cuando no es posible ejecutar su construcción de manera monolítica.
- 3) Juntas de contracción: tienen como fin controlar el agrietamiento de losas debido a sus movimientos de contracción y se trazan comúnmente sobre ejes de columnas y con juntas intermedias localizadas a espacios iguales entre dichos ejes. Dichas juntas se deben proyectar con una separación no mayor de 30 veces el espesor de la losa, de forma continua y alineada y se pueden fabricar a base de juntas de PVC o mediante corte con disco a una profundidad de 1/3 del espesor de losa, rellenas con material plástico expansivo.

140218	Rev									
--------	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--



**6.18.2 Consideraciones adicionales para señalamiento y dispositivos de seguridad en vialidades**

Preferentemente se deben considerar los criterios de señalamiento y dispositivos de seguridad viales, tales como: señalamiento horizontal y vertical, señales preventivas, restrictivas e Informativas. De conformidad a los rangos y criterios establecidos en el capítulo 100 del Manual de Seguridad Higiene de Distribución, y lo especificado en la Normatividad de la SCT, en la NORMAS N-PRY-CAR-10-01-001/99 "Ejecución de Proyectos de señalamiento", N-PRY-CAR-10-01-002/99 "Diseño de señalamiento Horizontal", N-PRY-CAR-10-01-003/99 "Diseño de señales Preventivas", N-PRY-CAR-10-04-001-/99 "Diseño de señales Restrictivas", N-PRY-CAR-10-05-001-99 "Diseño de señales Informativas", N-CTR-CAR-1-07-002/00 "Marcas en Pavimentos", N-CTR-CAR-1-07-002/00 "Marcas en Guarniciones".

**6.18.3 Planos anexos**

Anexo 6.18.3.1 Pisos terminados.

**6.19 Licencias y Permisos**

Una vez obtenida la autorización del proyecto, el ingeniero de diseño debe integrar y proporcionar al área encargada de tramitar las licencias y permisos, los expedientes técnicos que contengan la información necesaria para llevar a cabo la construcción de la subestación.

**6.19.1 Información que debe contener los expedientes técnicos para trámites de licencia de construcción y permisos ambientales:**

NOTA: la documentación enlistada a continuación es solo enunciativa, ya que los requerimientos de información pueden variar, de acuerdo a los requisitos exigidos por parte de las Dependencias ante quien se tramiten las licencias y permisos correspondientes.

A.- Licencia de construcción:

- Proyecto ejecutivo avalado y firmado por un director responsable de obra adscrito y registrado al municipio donde se lleve a cabo la obra.
- Programa calendarizado de obra.
- Catálogo de conceptos.
- Memoria de cálculo estructural.
- Fianzas por obra.
- Especificaciones técnicas sobre la construcción.
- Documentación legal del predio.
- Deslinde catastral certificado.
- Dictamen de uso de suelo.
- Dictamen de protección civil y bomberos.
- Dictamen de ingeniería y tránsito.
- Documento de cesión, expropiación o compra venta por parte del ejido.
- Desincorporación del registro agrario nacional.

140218	Rev									
--------	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--



- Documentación legal del predio con el acuerdo del ejido mediante actas de asamblea.

**Nota: Dependiendo de la normatividad de cada municipio se solicitarán la información que requieran.**

**B.- Permisos ambientales en zonas urbanas, suburbanas o rurales:**

- Documentación legal del predio.
- Deslinde catastral certificado.
- Dictamen de uso de suelo.
- Exención de estudios ambientales por parte de SEMARNAT.
- Dictamen de protección civil y bomberos.
- Dictamen de ingeniería y tránsito.
- Licencia de construcción.
- Aviso de no requerimiento o aviso de excepción de estudios ambientales por la SEMARNAT.
- Permisos de remoción vegetal ante el municipio.

**C.- Permisos ambientales en zonas rurales o forestales:**

- Documento de cesión, expropiación o compra venta por parte del ejido.
- Desincorporación del registro agrario nacional.
- Documentación legal del predio con el acuerdo del ejido mediante actas de asamblea.
- Deslinde catastral certificado.
- Dictamen técnico de uso de suelo.
- Lineamientos y autorización del Estudio técnico justificativo por parte de SEMARNAT.
- Lineamientos y autorización de manifestación de impacto ambiental por parte de SEMARNAT.
- Dictamen favorable por parte de SEDESOL.
- Dictamen del plan de desarrollo por parte del Ayuntamiento.
- Licencia de construcción.

## **6.20 Sistema de Seguridad Física**

La metodología para el diseño de los sistemas integrales de seguridad física en las instalaciones de CFE, toma en cuenta las características de la instalación, las condiciones geográficas, sociales, topográficas, climáticas, entre otras; analiza los riesgos a que está sujeto el inmueble, y sirve para determinar los niveles de seguridad física, estimar los recursos humanos, y definir los medios técnicos que se utilizarán.

140218	Rev									
--------	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--

**6.20.1 Objetivo**

Establecer los conceptos normativos básicos como una guía de trabajo para desarrollar en forma eficiente y racional el proyecto de los sistemas de seguridad física cuya finalidad consiste en disminuir las condiciones de riesgo en las subestaciones telecontroladas del área de Distribución.

**6.20.2 Subestaciones telecontroladas de distribución**

Se considera para el diseño de subestaciones de distribución, las instalaciones del tipo telecontroladas las cuales no son operadas por personal de manera permanente; la función de estas instalaciones, es suministrar energía eléctrica a los usuarios de la industria, el comercio, la agricultura y las zonas urbanas.

Por la importancia de cada subestación se determina el nivel de seguridad física más adecuado.

De acuerdo al estudio de análisis y diseño de la seguridad física de la CFE, se definen como de alta prioridad aquellas Subestaciones Eléctricas que suministran energía eléctrica a la industria y el comercio.

Las que suministran energía a la agricultura y zonas urbanas se aplicaran sistemas más simples de seguridad. Exceptuando aquellas instalaciones, que por su ubicación, suministran energía a áreas de población con una problemática social elevada; por lo que se deberá de considerar como Subestaciones Eléctricas de alta prioridad.

**6.20.3 Política**

A través de un estudio detallado en el análisis de riesgos de una instalación, se debe desarrollar un concepto específico de seguridad consistente en cuatro niveles: Prevención-Disuasión, Retardo-Control, Detección y de Reacción.

A. Prevención-Disuasión.

Son medidas que se adoptan para desanimar que personal ajeno a la CFE penetre a las instalaciones.

B. Retardo-Control

Disposición de los elementos físicos, que obstaculizando, dirigiendo y canalizando al invasor, retardan su penetración en las instalaciones, proveen tiempo de demora y facilitan la reacción.

C. Detección

Es la utilización de medios que adviertan la presencia de intrusos en una Subestación Eléctrica. Este nivel de análisis de riesgo, contribuye en la disminución de que dicho riesgo se convierta en un daño; permitiendo alertar al centro de control y al personal operativo encargado de la subestación para su atención y revisión inmediata.

D. Reacción

Es la capacidad de un sistema de seguridad, que ante la presencia de un invasor dentro de una Instalación y que genere un riesgo latente; dé aviso a las autoridades competentes con el objeto de neutralizar al invasor.

**6.20.4 Alcance**

Se debe tomar en cuenta las siguientes características de cada subestación:

- Puntos vulnerables de la subestación.
- Problemática social a la construcción de la subestación.

140218	Rev								
--------	-----	--	--	--	--	--	--	--	--

- Ubicación y tamaño físico de la subestación.
- Su importancia dentro del sistema eléctrico regional y local.
- Su contribución a la capacidad de distribución de energía eléctrica.
- Apoyo de la comunidad en caso de una intrusión indebida.
- La distancia de la subestación con respecto a las unidades de respaldo en caso de una emergencia (policía, ejército, entre otras).

**6.20.5 Elementos de seguridad**

**a) Elementos del nivel de prevención-disuasión**

En concordancia con la información recabada, los niveles de seguridad para subestaciones deben integrarse de la siguiente forma:

**b) Elementos del nivel retardo-control**

En el segundo nivel de seguridad, debe considerar un muro de block sólido sin huecos, de tabique con una altura de 3.20 m, se colocan soportes galvanizados tipo "Y", en los cuales se instalarán cuatro alambres con púas galvanizadas en cada soporte, coronados con una concertina con cuchilla tipo arpón con filos de bisturí.

Los portones no deben permitir la visibilidad desde el exterior.

El cuarto de control de la subestación no debe tener ventanas.

**c) Elementos del nivel de detección**

El tercer nivel debe incluir: sistema de detección de intrusos con alarmas sonoras local y remota a través de control supervisorio, sensores de presencia o de movimiento en los accesos a la subestación y caseta de control, circuito cerrado de televisión en el interior de la subestación con vista al acceso y dentro de la caseta de control.

**d) Elementos del nivel de reacción**

En el cuarto nivel de seguridad se deben considerar: alertas a nivel superior (estación maestra), por medio del control supervisorio a la parte operativa de las subestación, que a su vez da aviso a las autoridades competentes.

**e) Círculos de seguridad**

Las zonas vitales, son las áreas más importantes ubicadas dentro de la subestación, cuya afectación podría paralizar su funcionamiento total o parcial y afectarla gravemente, por lo que dichas zonas debe prever mayores medidas de seguridad, como es el caso de la caseta de control y transformadores de potencia.

**6.20.6 Información que deben incluir los planos de proyecto:**

- Planta general de la subestación eléctrica.
- Cortes por fachada, con referencia de niveles de desplante de los muros.
- Ejes y cotas de las secciones de la barda.
- Diseño acorde al entorno arquitectónico del lugar.

140218	Rev									
--------	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--

- Adecuación a la topografía del terreno (plano y accidentado).
- Detalles arquitectónicos.
- Detalles de la cimentación y elementos estructurales derivados del cálculo y diseño elaborado por el ingeniero estructurista.
- Portón de acceso normalizado.
- Letrero de identificación de la subestación eléctrica normalizado, según la última actualización.
- Sistema de seguridad física.

**Recomendaciones generales**

- 1.- No dejar material de construcción o chatarra, así como no construir casetas definitivas o provisionales en los límites de la barda perimetral.
- 2.- La altura de los portones debe ser la misma a la del muro, hasta una altura de 3.2 m.
- 3.- Para evitar el paso bajo los portones, la distancia mínima entre el portón y el piso no debe ser mayor de 10 cm, en el caso de instalar portones en caminos de terracería, se debe construir una losa de concreto o asfalto bajo el portón, esto sirve para evitar el paso bajo el portón.
- 4.- Se debe evitar la instalación de ventanas en la caseta de control. La puerta de acceso a la caseta de control, debe ser metálica en su totalidad (sin cristales).

**6.20.7 Planos anexos**

- Anexo 6.20.7.1            Sistema de seguridad física.
- Anexo 6.20.7.2            Sistema de seguridad física en caseta
- Anexo 6.20.7.3            Detalles de sistema de seguridad física.
- Anexo 6.20.7.4            Letreros preventivos.

**7 BIBLIOGRAFÍA**

<b>[1]</b>	<b>N.CTR.CAR.1.04.002/03</b>	Norma Emitida por la SCT para Sub-bases y Bases.
<b>[2]</b>	<b>N.CTR.CAR.1.04.004/00</b>	Norma Emitida por la SCT para Riegos de Impregnación.
<b>[3]</b>	<b>N.CTR.CAR.1.04.006/06</b>	Norma Emitida por la SCT para Carpetas Asfálticas con Mezcla en Caliente.
<b>[4]</b>	<b>N.CTR.CAR.1.04.007/06</b>	Norma Emitida por la SCT para Carpetas Asfálticas con Mezcla en Frío.
<b>[5]</b>	<b>N.CTR.CAR.1.04.009/06</b>	Norma Emitida por la SCT para Carpetas de Concreto Hidráulico.

140218	Rev									
--------	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--

- |      |                                |  |
|------|--------------------------------|--|
| [6]  | <b>N.CMT-4-05-001/00</b>       | Norma Emitida por la SCT para la Calidad de Materiales Asfálticos.                     |
| [7]  | <b>N.CMT-4-04/03</b>           | Norma Emitida por la SCT para Materiales Pétreos para Mezclas Asfálticas.              |
| [8]  | <b>N.CMT-4-05-002/01</b>       | Norma Emitida por la SCT para la Calidad de Materiales Asfálticos Modificados.         |
| [9]  | <b>N.PRY-CAR-10-01-001/99</b>  | Norma Emitida por la SCT para la Ejecución de Proyectos de Señalamiento.               |
| [10] | <b>N.PRY-CAR-10-01-002/99</b>  | Norma Emitida por la SCT para el Diseño de Señalamiento Horizontal.                    |
| [11] | <b>N.PRY-CAR-10-01-003/99</b>  | Norma Emitida por la SCT para el Diseño de Señales Preventivas.                        |
| [12] | <b>N.PRY-CAR-10-04-001-/99</b> | Norma Emitida por la SCT para el Diseño de Señales Restrictivas.                       |
| [13] | <b>N.PRY-CAR-10-05-001-99</b>  | Norma Emitida por la SCT para el Diseño de Señales Informativas.                       |
| [14] | <b>N.CTR-CAR-1-07-002/00</b>   | Norma Emitida por la SCT para Marcas en Pavimentos.                                    |
| [15] | <b>N.CTR-CAR-1-07-002/00</b>   | Norma Emitida por la SCT para Marcas en Guarniciones.                                  |
| [16] | <b>NTCM-2004</b>               | Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto. |

140218	Rev									
--------	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--