



Comisión Federal de Electricidad

DISEÑO DE SUBESTACIONES DE TRANSMISIÓN

**ESPECIFICACIÓN
CFE DCDSET01**

MARZO 2014

CONTENIDO

1	OBJETIVO	1
2	CAMPO DE APLICACIÓN	1
3	DOCUMENTOS APLICABLES	1
4	CARACTERÍSTICAS Y CONDICIONES GENERALES	2
4.1	Criterios Generales de Diseño Eléctrico	2
4.2	Criterios Generales de Diseño Civil	10
4.3	Ingeniería de Detalle	23
5	BIBLIOGRAFÍA	27



1 OBJETIVO

Esta especificación tiene por objeto dar los lineamientos mínimos que deben cumplir los Proyectos de subestaciones de potencia a cargo de la Coordinación de Proyectos de Transmisión y Transformación (CPTT).

2 CAMPO DE APLICACIÓN

Es aplicable al diseño de subestaciones de potencia con tensiones de 400 kV o menores, para obras nuevas o ampliaciones.

3 DOCUMENTOS APLICABLES

NOM-001-SEDE-2012	Instalaciones Eléctricas (Utilización).
NMX-C-414-ONNCCE	Industria de la Construcción-Cementantes Hidráulicos-Especificaciones y Métodos de Ensayo.
NMX-E-032-CNCP	Industria del Plástico-Resistencia de los Plásticos.
NMX-E-083-CNCP	industria del Plástico-Determinación de la Resistencia a la Compresión - Método de Ensayo.
NMX-E-088-CNCP	Industria del Plástico-Determinación de la Resistencia a la Flexión - Método de Ensayo.
NMX-E-163	Plásticos - Resistencia al Intemperismo de Laminado Plásticos - Método de Prueba.
NMX-E-183-CNCP	Industria del Plástico-Resistencia a la Flexión - Método de Ensayo.
NMX-E-256-CNCP	Industria del Plástico-Laminados Plásticos de Poliester Reforzados con Fibra de Vidrio-Especificaciones y Métodos de Ensayo.
NRF-011-CFE	Sistema de Tierra para Plantas y Subestaciones Eléctricas.
CFE V6700-62	Tableros de Protección, Control y Medición para Subestaciones Eléctricas.
CFE VY500-16	Criterios Generales de Diseño Eléctrico para los Servicios Propios de Subestaciones de Potencia.
CFE L0000-06	Coordinación de Aislamiento.
CFE JA100-65	Cimentaciones para Estructuras de Subestaciones Eléctricas.
CFE 10100-68	Diseño para Caminos de Acceso a Subestaciones.
CFE JA100-57	Estructuras Metálicas Mayores y Menores para Subestaciones.
CFE C0000-44	Estudios Geotécnicos para Ingeniería de Detalle en Subestaciones.
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.

140319	Rev										
--------	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

4 CARACTERISTICAS Y CONDICIONES GENERALES**4.1 Criterios Generales de Diseño Eléctrico****4.1.1 Diagrama unifilar de protección, control y medición**

El Contratista debe suministrar el diagrama unifilar de protección, control y medición del proyecto completo, tomando como base la especificación CFE V6700-62.

Este diagrama debe indicar en forma clara los siguientes conceptos:

- a) Interconexión del equipo primario y de comunicaciones, interruptores, transformadores de potencia, cuchillas desconectoras, transformadores de corriente y potencial, apartarrayos, entre otros.
- b) Nomenclatura de interruptores, cuchillas y destinos de las líneas.
- c) Relaciones de transformación, polaridades, cantidad de devanados secundarios y conexión secundaria de los transformadores de corriente y de potencial, así como sus interconexiones con los equipos de protección y medición.
- d) Los relevadores de protección y los principales relevadores auxiliares, indicando disparos, cierres, disparos transferidos y alarmas.
- e) Cuando se trate de ampliaciones a obras en operación, el diagrama unifilar debe indicar tanto la etapa existente como la ampliación. CFE dará las facilidades para que el Contratista realice los levantamientos necesarios para integrar dicha información.

4.1.2 Arreglo general

Con base en el plano de topografía y localización general, el Contratista debe elaborar el plano de arreglo general de la subestación. Este plano debe mostrar lo siguiente:

- a) Dimensiones del predio.
- b) Orientación geográfica de cada uno de los lados, y norte astronómico.
- c) Croquis de localización del sitio en el vértice superior derecho del plano.
- d) Caminos de acceso, distancias a las vías de comunicación más cercanas, oleoductos o gasoductos, limitando áreas internas y accesos.
- e) Llegadas y salidas de líneas de transmisión.
- f) El arreglo de la subestación mostrando las estructuras, barras, ejes y centro de línea de equipos con sus acotaciones entre líneas de centros, escala y ubicación de caseta de control y relevadores, edificios SF₆, planta de emergencia, entre otros.

4.1.3 Servicios propios

Para las subestaciones de 400 kV, 230 kV y 115 kV, se debe tomar en cuenta la especificación CFE VY500-16.

En las obras nuevas los servicios propios se proporcionarán como sigue:

140319	Rev										
--------	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

- a) Corriente Alterna: 3 fases 4 hilos 220/127 V c.a.
- b) Corriente Directa: 125 V c.d., 48 V c.d. o 12 V c.d.

Para las ampliaciones de obras se usarán las tensiones existentes.

De acuerdo a lo anterior, el Contratista debe suministrar los diagramas unifilares necesarios, indicando fuentes de alimentación de c.a. y c.d., unidad de transferencia manual-automática con interruptores termomagnéticos, equipos de protección y medición e interruptores termomagnéticos de los distintos circuitos de c.a. y c.d.

El Contratista debe proporcionar una lista de los equipos y materiales a suministrar.

4.1.4 Disposición de equipo

Con base en el diagrama unifilar simplificado y al arreglo general, el Contratista debe elaborar los planos a detalle de disposición de equipo en planta y cortes indicando distancia entre fases, fase a tierra, alturas de seguridad, dimensión de las estructuras mayores, cadenas de aisladores, conductores y barras, así como equipos primarios, caseta de control y relevadores, edificios SF₆, caseta para planta de emergencia, entre otros.

Los planos de disposición de equipo se deben realizar de acuerdo con establecido en la especificación CFE L0000-06.

El Contratista debe proporcionar una lista del equipo primario a suministrar.

4.1.5 Isométrico con cargas

Con base en la disposición de equipo solicitada por CFE, el Contratista debe elaborar a escala el plano isométrico con cargas del proyecto, en el cual se muestren las estructuras metálicas de la subestación a 30° con respecto a la horizontal, y tener la información de las cargas tanto del equipo en las estructuras como de las tensiones mecánicas de conductores utilizadas en el diseño; estas tensiones serán a centro de traveses y columnas. También se deben considerar capiteles con tensiones para cable de guarda y bayonetas, e indicar los detalles de las diferentes cargas.

4.1.6 Flechas y tensiones

Se deben realizar los cálculos necesarios para la obtención de las flechas y las tensiones en distintos puntos y para diversas temperaturas. La temperatura mínima a considerar es de -10 °C.

La temperatura máxima debe ser de 80 °C; la oscilación del conductor no debe ser mayor de 30°.

El Contratista debe proporcionar los planos que indiquen los claros designados y las flechas consideradas en el diseño, así como las tablas y las gráficas de temperatura – flecha – tensión.

4.1.7 Arreglo de la caseta de control y relevadores

El Contratista indicará en el plano de la caseta el arreglo de:

Gabinetes de tabllas, tableros de protecciones, mímicos, arreglo de tableros para servicios propios, baterías y cargadores, equipo de comunicaciones y control, charolas, alumbrado, aire acondicionado, control supervisorio, área de servicios, acceso de trincheras, entre otros. Todos los conceptos anteriores se representarán en planos independientes que muestren los detalles de conexiones y la ubicación del equipo en planta y cortes, incluyéndose además las listas y especificaciones de los equipos y materiales a suministrar e instalar.

La entrada de cables de control se debe realizar a través de un gabinete de tabllas ubicado dentro de la caseta, y desde ahí a los tableros de protección, control y medición por medio de charolas internas, con excepción de los cables de fuerza que deben ir directamente del centro de carga al equipo. La entrada de los cables de control y fuerza a la caseta se debe sellar con material no inflamable resistente y de fácil remoción.

140319	Rev										
--------	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

El alumbrado interior de la caseta debe tener un nivel de iluminación de 300 luxes como mínimo.

Los diversos circuitos de alumbrado pueden alojarse en el tablero de servicios propios o en un tablero de alumbrado independiente.

El aire acondicionado se debe calcular para obtener dentro de la caseta una temperatura de confort de 25 °C y una humedad relativa de 50 %.

La caseta de relevadores se usa principalmente en subestaciones de 400 kV y se interconecta con la caseta de control. En esta caseta se instalan los equipos de protección, comunicaciones, control supervisorio y servicios propios de c.a. y c.d.

En ampliación de caseta, se debe considerar el criterio existente y proporcionar los planos actualizados. En caso de existir el espacio para ubicar el equipo, se debe proceder con lo antes señalado.

4.1.8 Sistema de Puesta a Tierra

Se debe calcular el sistema de tierras respetando los valores de tensiones de paso y de contacto, de acuerdo a la NRF-011-CFE, además de cumplir con las siguientes características:

- a) Conductor de tierra sección transversal 107 mm² (4/0 AWG) de cobre como mínimo.
- b) Tensión Máxima de Paso: *(60/120) V.
* **Cuando la falla se elimine en un período de un segundo.**
- c) Tensión Máxima de Contacto dentro de la Instalación:** (60 /120) V.
** **Cuando no se prevé la eliminación rápida de una falla de línea a tierra.**
- d) Proporcionar memoria de cálculo.
- e) Los conectores deben ser del tipo soldado y se deben construir registros en los extremos y en algunas derivaciones de la red de tierras; los equipos deben aterrizarse en dos puntos con calibre igual al de la red de tierras.
- f) Tensiones transferidas.
- g) Resistencia eléctrica del cuerpo humano.
- h) El Contratista debe proporcionar una lista de los materiales a suministrar.
- i) A todo lo largo de las trincheras, y charolas dentro de la caseta de control, se deben instalar dos cables de cobre desnudo sección transversal 67.40 mm² (2/0 AWG) cuyos extremos se deben conectar a la red de tierras.

El Contratista debe proporcionar un plano donde se indique el sistema de tierras, registros, detalles de conexión, entre otros, con sus respectivas acotaciones y escala.

En ampliaciones, la red de tierras se debe prolongar en toda el área que ocupe el equipo y debe ser del mismo calibre y configuración de la existente.

140319	Rev										
--------	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

4.1.9 Trincheras, ductos y registros

Los cables de control, y fuerza se deben canalizar por medio de trincheras, ductos y registros.

4.1.9.1 Trincheras

Las trincheras son canalizaciones construidas a base de muros de concreto armado y cuyo propósito es canalizar y resguardar el cableado de protección, control, comunicaciones y fuerza de una subestación.

Cada trinchera debe contar con dos secciones, una para canalizar el cableado de protección, control y comunicaciones (cable de control), y otra para canalizar el cableado de fuerza (cable de fuerza).

Para canalizar el cableado de una subestación se deben emplear algunos de los tipos de trinchera que se describen a continuación:

- a) Trinchera Tipo I (Véase Figura de página 7 de 27):
 - la sección transversal para el cable de control es de 30 cm de ancho por 30 cm de altura,
 - la sección transversal para el cable de fuerza es de 30 cm de ancho por 30 cm de altura.
- b) Trinchera Tipo II (Véase Figura de página 8 de 27):
 - la sección transversal para el cable de control es de 60 cm de ancho por 40 cm de altura,
 - la sección transversal para el cable de fuerza es de 30 cm de ancho por 40 cm de altura.
- c) Trinchera Tipo III (Véase Figura de página 7 de 27):
 - la sección transversal para el cable de control es de 30 cm de ancho por 40 cm de altura,
 - la sección transversal para el cable de fuerza es de 30 cm de ancho por 40 cm de altura,
 - incluye soportes para que los cables no obstaculicen el flujo de agua a drenar.
- d) Trinchera Tipo IV (Véase Figura de página 8 de 27):
 - la sección transversal para el cable de control es de 60 cm de ancho por 50 cm de altura,
 - la sección transversal para el cable de fuerza es de 30 cm de ancho por 50 cm de altura,
 - incluye soportes para que los cables no obstaculicen el flujo de agua a drenar.

Para canalizar el cableado en ramales principales, se deben emplear las trincheras tipo II o IV, en tanto que para canalizar el cableado en ramales derivados, se deben emplear las trincheras tipo I y III. La definición de los tipos de trinchera a emplear se debe indicar en las **Características Particulares**.

Con base en el plano de disposición de equipo, el Contratista debe seleccionar las trayectorias más adecuadas de las trincheras considerando que éstas no crucen por áreas destinadas para ampliaciones futuras.

El trazo de las trayectorias y trincheras debe ser en tramos rectos, cuidando que no sea en paralelo a las barras de potencia y los cambios de dirección deben ser entre 45° y 60° preferentemente, respetando el radio de curvatura de los conductores.

140319	Rev										
--------	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Con base en la disposición de equipo se debe seleccionar las trayectorias más adecuadas; considerando los tipos de trincheras especificados por CFE. El diseño debe considerar que la canalización del cableado del equipo primario con las trincheras es a través de ductos y registros.

4.1.9.2 Ductos

También se canalizan los cables por medio de ductos o bancos de ductos; el número y el diámetro de ductos dependen de la cantidad y diámetro de los conductores que se pretenda canalizar. Los ductos se fabrican de PVC para ser utilizados en baja tensión y cables de potencia en alta tensión.

4.1.9.3 Registros

Los registros sirven para interconectar ductos con trincheras, permitir conexiones del equipo primario en baja tensión, las dimensiones interiores de estos registros son de 50x 50 x 50 cm.

En alta tensión para la construcción de empalmes de conductores de potencia, se debe considerar lo establecido en las Especificaciones CFE DCCSSUBT Construcción de Sistemas Subterráneos y CFE DCCAMBT Construcción de Instalaciones Aéreas en Media y Baja Tensión.

4.1.9.4 Herrajes, conectores, conductores y aisladores

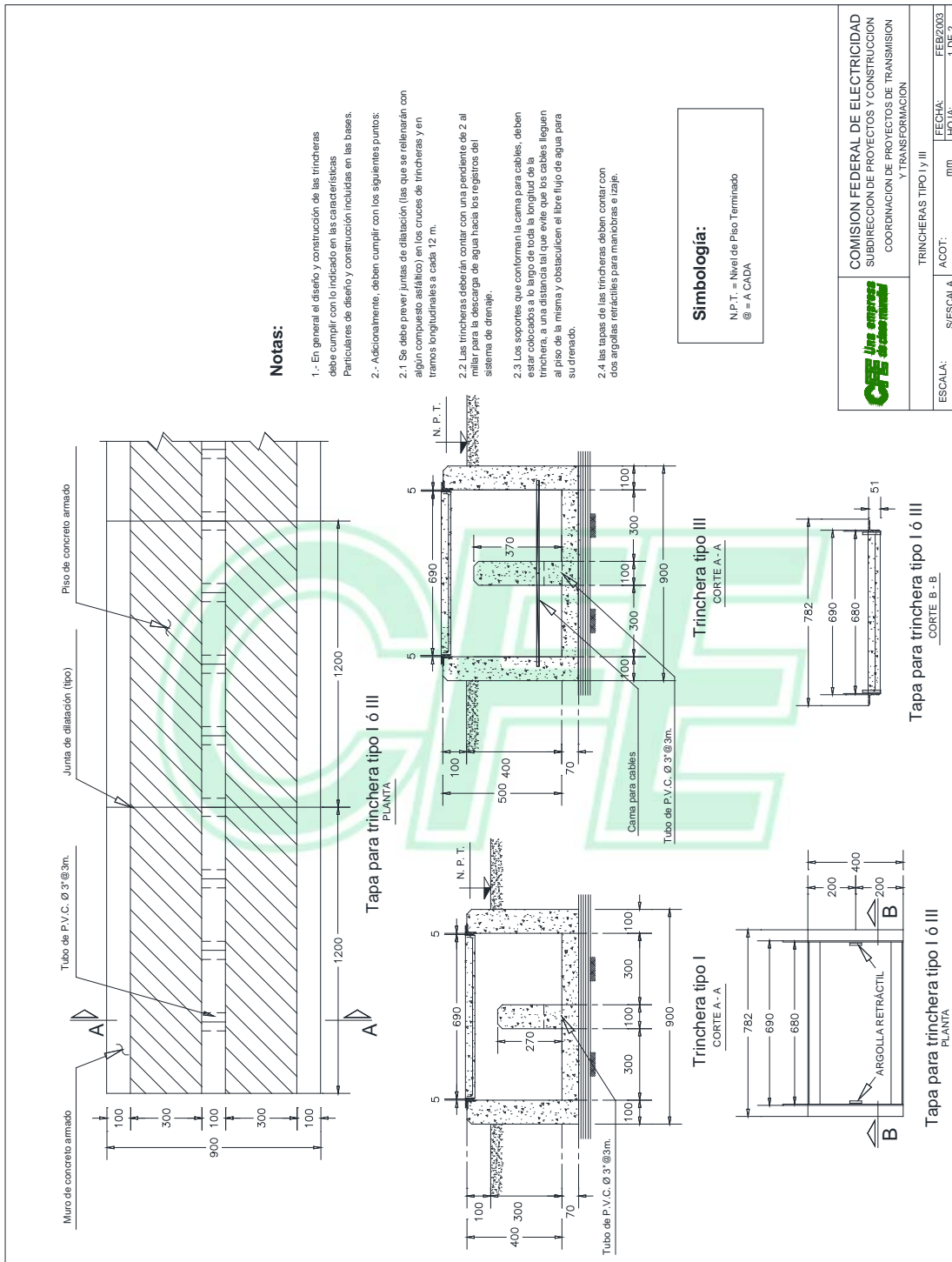
El Contratista debe utilizar los herrajes y conectores bimetálicos adecuados a los equipos eléctricos primarios que proponga en su alcance de suministro, debiendo utilizar los ensambles normalizados por CPTT, así como herrajes y conectores libres de efecto corona. El Contratista debe instalar en todas las derivaciones de buses y barras a equipo primario conexiones redundantes (tipo pata de gallo).

En las subestaciones de 400 kV y 230 kV, se deben instalar en las barras dos conductores por fase tipo ACSR sección transversal 564.0 mm² (calibre 1113 kcmil); lo anterior también es aplicable en 115 kV cuando ésta sea la tensión del secundario.

En las subestaciones de 115 kV, y cuando ésta sea la tensión del primario, se debe instalaren las barras un conductor por fase tipo ACSR sección transversal 402.8 mm² (calibre 795 kcmil).

El Contratista debe presentar una lista de los materiales y los ensambles correspondientes.

140319	Rev										
--------	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--



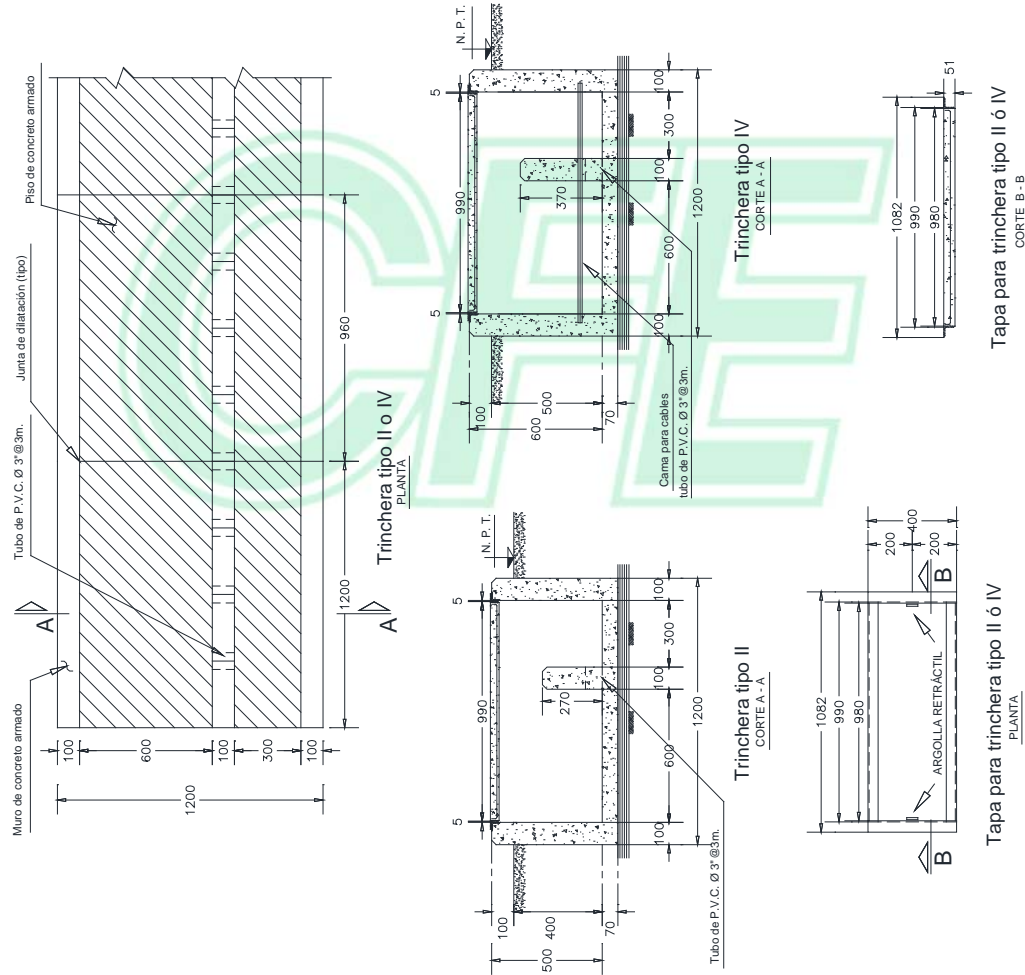
140319	Rev									
--------	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Notas:

- 1.- En general el diseño y construcción de las trincheras debe cumplir con lo indicado en las características Particulares de diseño y construcción incluidas en las bases.
- 2.- Adicionalmente, deben cumplir con los siguientes puntos:
 - 2.1 Se debe prever juntas de dilatación (las que se rellenarán con algún compuesto asfáltico) en los cruces de trincheras y en tramos longitudinales a cada 12 m.
 - 2.2 Las trincheras deberán contar con una pendiente de 2 al mil por la descarga de agua hacia los registros del sistema de drenaje.
 - 2.3 Los soportes que conforman la cama para cables, deben estar colocados a lo largo de toda la longitud de la trinchera, a una distancia tal que evite que los cables lleguen al piso de la misma y obstaculicen el libre flujo de agua para su drenado.
 - 2.4 Las tapas de las trincheras deben contar con dos argollas retráctiles para maniobras e izaje.

Simbología:

N.P.T. = Nivel de Piso Terminado
@ = A CADA



	COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD SUBDIRECCION DE PROYECTOS Y CONSTRUCCION COORDINACION DE PROYECTOS DE TRANSMISION Y TRANSFORMACION	
	TRINCHERAS TIPO II y IV	ESCALA: SI ESCALA ACOT: mm
FEB/2003 2 DE 2	FECHA:	HOJA:

140319	Rev									
--------	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--

4.1.10 Cableado de subestaciones

Los criterios para cableado de Subestaciones en base a la NOM-001-SEDE son los siguientes:

Tipo de cable	aplicación
4 # 2.08 mm ² (14 AWG). CB *	De TPI's o TPC's a caseta de control
6 # 2.08 mm ² (14 AWG). CB *	Interconexiones entre fases de TPI's o TPC's de (400, 230 y 115) kV
4 # 5.26 mm ² (10 AWG). CB *	De TC's 400, 230 y 115 kV a caseta de control
6 # 5.26 mm ² (10 AWG). CB *	Interconexiones entre fases de TC's de (115, 230 y 400) kV
2 # 5.26 mm ² (10 AWG)	Interconexiones en caseta de control (servicios propios)
4 # 5.26 mm ² (10 AWG)	Cierre y disparo No. 1 interruptores 230 kV Disparo No. 2 interruptores (230 y 115) kV Interconexiones en caseta control
6 # 5.26 mm ² (10 AWG)	Disparo monopolar bobina No. 1 interruptores 400 kV Disparo monopolar bobina No. 2 interruptores 400 kV
2 # 2.08 mm ² (14 AWG)	Control de cuchillas (230 y 115) kV Interconexiones en caseta de control
4 # 2.08 mm ² (14 AWG)	Interconexiones entre fases de bancos Interconexiones en caseta control
7 # 2.08 mm ² (14 AWG)	Alarmas y señalización Control de cuchillas (230 y 115) kV Interconexiones entre fases de bancos Interconexiones en caseta de control Interconexiones entre fases de cuchillas e interruptores (230 y 115) kV
10 # 2.08 mm ² (14 AWG)	Interconexiones entre fases de bancos Interconexiones en caseta de control Gabinete centralizador de bancos de potencia a caseta de control
4 # 2.08 mm ² (14 AWG)	Interconexiones en caseta de control
16 # 2.08 mm ² (14 AWG)	Interconexiones en caseta de control

* CB = Cable con Pantalla de Blindaje

4.1.11 Alumbrado exterior

Los criterios de diseño para alumbrado son los siguientes:

- El nivel mínimo de iluminación en la subestación por bahía y por área de transformador o autotransformador y reactores debe ser de 20 luxes. Este nivel mínimo se determina por el método de los lúmenes aplicado a proyectores y unidades reflectoras de tipo abierto.
- Deben emplear unidades de vapor de sodio, aditivos metálicos y a base de LED's con una potencia mínima de 250 W ó 400 W, respectivamente, a 220 V c.a.
- Los reflectores deben distribuirse convenientemente en el área de la subestación, formando circuitos con una potencia máxima de 2000 W a 2400 W.
- El alumbrado debe ser controlado en forma manual o automática.
- La caída de tensión máxima permitida en los circuitos de alumbrado es de 3 %.
- La altura de montaje de la lámpara debe ser la recomendada por el fabricante teniendo en cuenta el mantenimiento de la misma.
- La alimentación de las unidades se realizará con conductores alojados en tubos conduit.

140319	Rev									
--------	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--

El Contratista debe proporcionar un plano del alumbrado exterior, en el cual se indique la ubicación de las lámparas en las bahías mediante símbolos normalizados de CFE, cuadros de distribución de cargas mostrando desequilibrio de fases, el cual no debe ser mayor a 5 %, número de circuitos de alumbrado, diámetro de los tubos conduit, cantidad y calibre de los conductores. El Contratista debe presentar una lista de los materiales y equipos empleados.

En cuanto al sistema de iluminación de seguridad, su diseño debe apegarse a lo indicado en el documento CPTT-SISF01 Lineamientos y Especificaciones Generales de Sistemas Integrales de Seguridad Física para Subestaciones, así como a lo establecido en las **Características Particulares** de cada proyecto.

4.1.12 Sistemas contra incendio

El diseño de los sistemas contra incendio se debe apegar a lo establecido en la guía para la prevención, control y extinción de incendios en subestaciones eléctricas, con base en los alcances indicados en las **Características Particulares** de cada proyecto.

4.1.13 Planos de diseño e instructivos de equipo

Para información, revisión y comentarios, el Contratista debe proporcionar a CFE tres copias heliográficas de los planos de dimensiones generales, diagramas unifilares, esquemáticos y de alambrado de los equipos siguientes: transformadores de potencia, transformadores de corriente y de potencial, cuchillas desconectoras, apartarrayos, tableros de protección, control y medición, tableros de servicios propios, unidades terminales remotas y equipos de comunicación. Asimismo, el Contratista debe proporcionar tres juegos de instructivos de operación y mantenimiento de todos los equipos que integran el alcance de suministro del proyecto completo. Los planos de equipo primario y materiales deben presentarse a CFE con la aprobación de sus respectivos subproveedores, mediante la entrega de documentación que esté avalado por un laboratorio certificado.

Los planos y diagramas que se presentan para revisión de CFE deben cumplir los siguientes requisitos:

a) Escalas.

Croquis de localización	1:50000
Arreglo general:	1:500 ó 1:750
Disposición de equipos:	1:200 ó 1:250

b) Dimensiones.

Como máximo 90 cm x 130 cm, dependiendo del concepto que se represente.

Para diagramas esquemáticos de control para tableros de protección y servicios propios, el ancho de los planos será tamaño carta con el largo que se requiera en cada caso.

c) Acotaciones.

Se debe usar el Sistema General de Unidades de Medida, NOM-008-SCFI.

d) Identificación.

Cada plano debe llevar dibujado un cuadro en el margen inferior derecho que identifique la actividad de diseño, ya sea civil o colectivo respectivamente, debiéndose incluir la siguiente leyenda: "Propiedad de CFE, prohibida su reproducción parcial o total".

e) Presentación.

Para revisión y comentarios, los planos se deben presentar doblados en tamaño carta y encarpados.

140319	Rev										
--------	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Una vez revisados los planos definitivos, el Contratista debe entregar a la CFE el proyecto completo de la siguiente manera: dos juegos de planos en papel albanene ribeteados, dos juegos de planos en papel bond, así como el respaldo en CD conteniendo los correspondientes archivos en AutoCAD Versión 2011 o superior.

Estos criterios generales son aplicables a todas las subestaciones nuevas y ampliaciones, salvo que se indique otra cosa en **Características Particulares**.

4.2 Criterios Generales de Diseño Civil

Para el desarrollo del diseño civil de subestaciones eléctricas se deben considerar las especificaciones enumeradas en el capítulo 3 y los conceptos siguientes: topografía, características particulares del sitio, características de los equipos eléctricos de instalación permanente y los requerimientos del diseño electromecánico.

Los criterios de diseño de todos los conceptos civiles deben tomar como base el manual de diseño de obras civiles de CFE, las especificaciones que se señalan en el capítulo 3, así como los reglamentos de construcción vigentes que apliquen en los sitios donde se ejecutarán las obras.

Es responsabilidad del Contratista elaborar y entregar a CFE los estudios geotécnicos, hidrológicos, topográficos y otros inherentes a la obra. Cuando estos estudios sean proporcionados por CFE, sólo se deben considerar como referencia, eximiendo a ésta de cualquier responsabilidad en la desviación de resultados que arrojen los estudios definitivos.

El Contratista debe desarrollar un diseño integral de: bardas, casetas, edificios, estacionamiento, zona de amortiguamiento ambiental y, en general, de todas las estructuras de la subestación, de acuerdo a lo establecido en las **Características Particulares**.

4.2.1 Terracerías

De acuerdo a la topografía del terreno, al estudio geotécnico y al arreglo general de la subestación, las terracerías se pueden diseñar en una o varias plataformas con la finalidad de compensar los movimientos de tierra (corte y/o relleno) y permitir el diseño óptimo de los sistemas de drenaje para el manejo de aguas pluviales en el interior y en la periferia del predio de la subestación. La cantidad de plataformas, y el nivel de éstas, deben cumplir con lo establecido en las **Características Particulares**. El área que abarque cada plataforma debe ser la que se indica en el plano de plataformas, caminos interiores y pisos terminados y debe cumplir con las especificaciones CFE CPTT DIC PCI-01 y CFE JA100-65. Las terracerías para ampliaciones futuras sólo deben considerarse por indicación expresa de CFE.

Para el diseño de las terracerías se debe aplicar lo siguiente:

- a) La (s) plataforma (s) debe (n) tener un nivel tal que se evite cualquier riesgo de inundación, y en caso de cortes y terraplenes, se debe buscar siempre la mayor compensación posible de volúmenes. Además, deben diseñarse obras complementarias para el drenaje superficial como cunetas, contracunetas, lavaderos, entre otros, que permitan el desvío de las corrientes de agua e impidan la erosión de la(s) plataforma(s) y sus taludes, así como subdrenajes que eviten problemas de tubificación, exceso de presión de poro o ascensión del nivel de aguas freáticas.
- b) Las acciones de saneamiento del terreno para desplante de terraplenes y cimentaciones.
- c) Los taludes de los terraplenes deben estar debidamente confinados, considerando una relación alto-ancho mínima de 1:1.5 y máxima de 1:2; para taludes en corte se considerará una relación alto-ancho de 1:1. Cuando las características del predio de la subestación lo requieran se pueden utilizar relaciones alto-ancho diferentes. Ya sea con las relaciones definidas al inicio de este inciso o bien con las que resulten en algún caso especial en el diseño de los taludes se debe realizar el análisis de estabilidad conforme al método de las dovelas o equivalente, debiendo cumplir en todo caso con un factor de seguridad mínimo de 1.5 bajo condiciones estáticas.

140319	Rev										
--------	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

- d) Los taludes deben protegerse contra erosión interna mediante la colocación de filtros y subdrenes, contra erosión superficial colocando por lo menos piedra laja de un grosor máximo de 10 cm, junteada con mortero cal-arena en proporción 1:5 o con losas de concreto $f'c = 19.6 \text{ MPa}$ (200 kg/cm^2) de 8 cm de espesor, reforzada con malla electrosoldada 6X6-10/10 y juntas de dilatación, cuando la altura de los taludes sea superior de 5 m la protección superficial debe ser exclusivamente con losas de concreto debidamente ancladas. Cuando las características de los taludes de la subestación requieran de medidas de estabilización distintas a las anteriores, la propuesta de solución debe ser sometida a la consideración de CFE.
- e) Las terracerías se compactan en todo el espesor del terraplén en capas de 20 cm de espesor al 95 % de la prueba Proctor SCT. En caso de que se presenten alturas de terraplén superiores a 5 m, el grado de compactación en todo el espesor del terraplén debe cumplir con el 95 % de la Prueba Proctor CFE, conforme a la especificación CFE. El nivel superior del terraplén ya compactado se define como Nivel de Terracería (N.T.)
- f) Posteriormente a la compactación, se debe aplicar un tratamiento antihierba consistente en una capa de 5 cm de espesor que puede ser de mezcla cemento-arena en proporción 1:8, cal-arena en proporción 1:5 o coracal (escoria de cal) en toda el área que abarque la(s) plataforma(s). Lo anterior no es aplicable en las áreas cuyo piso terminado sea concreto o carpeta asfáltica. El nivel alcanzado después de la aplicación del tratamiento antihierba se define como Nivel de Plataforma (N.P.)
- g) Cuando se requiera la construcción de muros de contención éstos se diseñan por estabilidad, y deben contar con un sistema de drenaje y en caso de requerirse, subdrenaje. Su construcción debe ser de concreto armado $f'c = 19.6 \text{ MPa}$ (200 kg/cm^2) y acero de refuerzo $f_y = 411.6 \text{ MPa}$ (4200 kg/cm^2), o bien, también podrán construirse de sistemas de tierra armada o similar. Cuando las características de los muros de contención requieran de medidas de estabilización o drenaje o de materiales distintos a los anteriores, la propuesta de solución debe ser sometida a la consideración de CFE.

Los planos de diseño del proyecto deben incluir: planta general con elevaciones, curvas de nivel, drenajes superficiales y subdrenajes, taludes, muros y sus protecciones, caminos interiores: principales, perimetrales y de mantenimiento, secciones o cortes longitudinales y transversales, despalmes, pisos terminados, localización de estructuras metálicas, caseta, cantidades de obra, tipo de cerca o barda y materiales para construcción, así como los datos y detalles necesarios para su correcta interpretación.

4.2.2 Barda perimetral

La barda perimetral tiene como objeto proporcionar seguridad física a la instalación, en su diseño se debe considerar lo siguiente:

- a) Cumplir con lo establecido en el documento CPTT-SISF01 (véase bibliografía). El tipo de barda y en su caso el diseño arquitectónico especial se especifica en las **Características Particulares**.
- b) El material de construcción debe ser block macizo sin huecos, de 12x20x40 cm o 12x 18x40 cm con resistencia a la compresión de 4.08 MPa (40 kg/cm^2) o tabique rojo recocido de 7x 14x28 cm, ambos junteados con cemento-arena de un centímetro de espesor y con acabado aparente. Cualquier otra solución debe ser sometida a la consideración de CFE.
- c) La distancia máxima entre castillos es de 4 m centro a centro. A cada 16 m se debe dejar una junta constructiva de 2 cm de espesor.

140319	Rev									
--------	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--

- d) El diseño de la estructura y la cimentación debe considerar la acción del viento, sismo y las propiedades del suelo según el estudio geotécnico y lo indicado en la especificación CFE JA100-65.
- e) La resistencia del concreto a utilizar será de $f'c = 19.6 \text{ MPa}$ (200 kg/cm^2) y del acero de refuerzo de $f_y = 411.6 \text{ MPa}$ (4200 kg/cm^2).
- f) En el diseño de la barda se debe prever la instalación de puertas de acceso conforme a lo establecido en el documento CPTT-SISF01. El tipo de puerta a emplear se especifica en las **Características Particulares**.

4.2.3 Camino de acceso

Se refiere a la superficie de rodamiento para el tránsito de vehículos requerida para comunicar al predio de la subestación con la carretera, camino o vialidad más cercana debiendo cumplir con los siguientes requisitos:

- a) Resistir las cargas y acción abrasiva producida por el tránsito, tener la impermeabilidad y drenaje pluvial adecuado, resistir a los agentes atmosféricos del sitio y tener una superficie de rodamiento que permita en todo tiempo un tránsito seguro y absorber pequeños asentamientos.
- b) El pavimento del camino de acceso a la subestación debe diseñarse de acuerdo a lo establecido en la especificación CFE 10100-68, incluyendo pendiente transversal (bombeo), cunetas, contracunetas, guarniciones, señalización y las obras de arte que se requieran de acuerdo con las características topográficas y pluviales del sitio.
- c) Cuando se especifique en las **Características Particulares**, se deben diseñar carriles de cambio de velocidad (aceleración y desaceleración) sobre la carretera donde entronque el camino de acceso a la subestación, considerando para ello las especificaciones emitidas por la SCT en su publicación proyecto geométrico de carreteras. Los permisos que se requieran serán responsabilidad del Contratista.

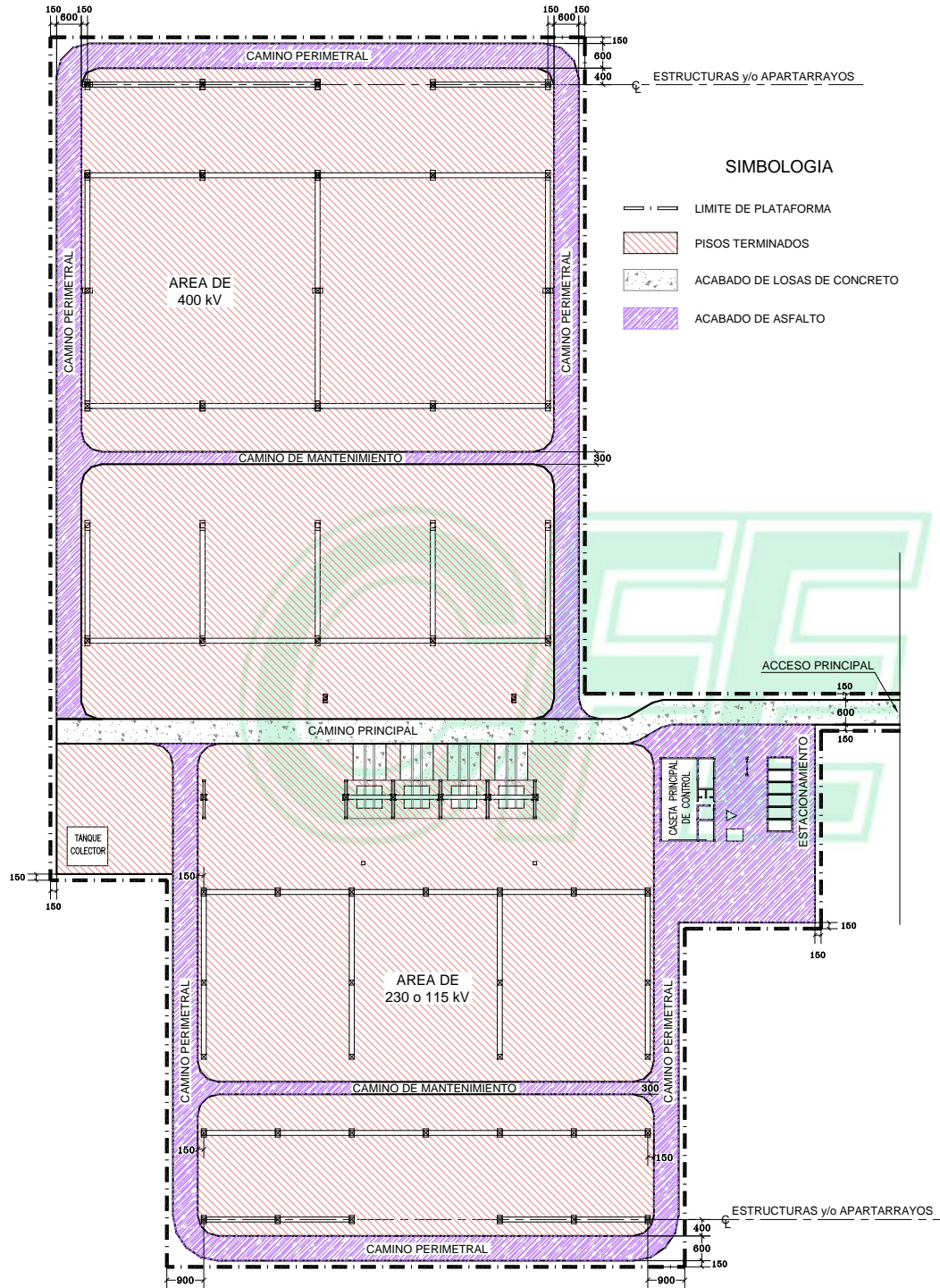
Se debe elaborar el plano del camino de acceso, que debe incluir los espesores y anchos de pavimentos, radios de curvatura, guarniciones, sistema de drenaje y los detalles necesarios para garantizar un buen funcionamiento.

4.2.4 Caminos Interiores

Los caminos interiores son las vialidades que se deben construir en el interior del predio de la subestación, cuyo propósito es el tránsito para supervisión, mantenimiento y maniobras, los cuales deben cumplir con lo indicado en la Especificación CFE CPTT DIC PCI-01.

140319	Rev										
--------	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Los caminos interiores se clasifican en: caminos principales, caminos perimetrales y caminos de mantenimiento como se indica en el CROQUIS DE CAMINOS INTERIORES y se describen a continuación:



CROQUIS DE CAMINOS INTERIORES

140319	Rev									
--------	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--

- a) Caminos principales. Son aquellos que permiten la circulación dentro del predio desde la puerta de acceso hasta la zona de edificios principales y la zona de transformadores y reactores. En su diseño se debe considerar el tránsito de un camión de cama baja que transporte el equipo de transformación o banco de reactores más pesados, con un ancho mínimo de 6 m. Los caminos principales se deben diseñar con losas de concreto armado.
- b) Caminos perimetrales. Son aquellos que permiten la circulación alrededor de las diferentes áreas de la instalación y su ubicación es entre los límites de la plataforma y el último eje de equipo, estructura o edificación, con un ancho mínimo de 6 m. Los caminos perimetrales deben ser de carpeta asfáltica, salvo en aquellos casos en que CFE apruebe otro tipo de acabado; el eje del camino estará a 7 m del eje de estructuras de remate o eje del último equipo, salvo para el tramo de camino perimetral perpendicular a las barras, en cuyo caso el eje del camino se localizará a 4.50 m de las estructuras mayores. En la zona de circulación del área de casetas, edificios y zona de estacionamiento el acabado debe ser de carpeta asfáltica.
- c) Caminos de mantenimiento. Son aquellos que permiten la circulación vehicular para la aproximación y mantenimiento de interruptores. Se deben diseñar para resistir el rodamiento de un camión-grúa de 3 toneladas y su acabado debe ser de carpeta asfáltica con un ancho de 3 m.
- d) Los caminos interiores deben garantizar un tránsito confiable y seguro en cualquier época del año, para lo cual deben diseñarse con base en los siguientes lineamientos: tener radios de curvatura adecuados en los cambios de dirección; contar con pendientes transversales (bombeo) del 2 % para drenaje pluvial y cunetas longitudinales; tener la impermeabilidad y el drenaje adecuados; resistir las acciones abrasivas producidas por el tránsito y los agentes atmosféricos del sitio y absorber pequeños asentamientos.
- e) Cuando los caminos interiores crucen con ductos o trincheras, éstos deben diseñarse con pasos vehiculares de pendiente suave, considerando que el ancho del camino no apoye sobre los ductos o trincheras.
- f) Para los caminos interiores cuyo acabado sea con carpeta asfáltica, ésta debe tener un espesor mínimo de 5 cm y apegarse a las características de los materiales indicados en las especificaciones CFE CPTT DIC PCI-01 y CFE 10100-68.
- g) Para los caminos interiores cuyo acabado sea con losas de concreto armado, éstas deben tener un espesor mínimo de 10 cm, con un $f'c = 19.6$ MPa (200 kg/cm^2), incluyendo juntas de construcción, expansión, contracción y colado lateral, debiendo cumplir con el reglamento ACI-318 última edición y con las recomendaciones indicadas en el manual ACI-302.

Los planos representativos del diseño deben incluir: planta general de localización de caminos, radios de curvatura, guarniciones, sistema de drenaje, pasos vehiculares, zona de estacionamiento, detalles y especificación de materiales.

4.2.5 Pisos terminados

Los pisos terminados se deben colocar en las áreas de las bahías (zonas donde se ubiquen estructuras metálicas y equipos primarios). El área de pisos terminados está delimitada por las guarniciones de concreto de los caminos interiores. En caso de no existir caminos interiores, el límite debe ser 1.5 m después del eje de las estructuras metálicas o del eje del último de los equipos de línea. El tipo de piso terminado aplicable a subestaciones puede ser a base de grava, piedra triturada, piedra de canto rodado (diámetro máximo 38 mm), tezontle o losas de concreto armado. El tipo de piso terminado requerido para cada obra se indica en las **Características Particulares**. Para el diseño de los pisos terminados se debe considerar lo siguiente:

- a) Pisos terminados de grava, piedra triturada, piedra de canto rodado o tezontle. Con la finalidad de evitar el crecimiento de hierba se debe aplicar al suelo un tratamiento, tanto al área de pisos

140319	Rev									
--------	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--

terminados, como al resto de la plataforma, el cual consiste en la aplicación de cualquiera de las mezclas siguientes: cemento-arena en proporción 1:8, cal-arena en proporción 1:5, o coracal (escoria de cal). En todos los casos el espesor de este tratamiento debe ser de 5 cm. Una vez que se tenga acondicionada la superficie del terreno que recibirá el piso terminado, se debe aplicar el acabado, empleando para ello grava, piedra triturada, piedra de canto rodado o tezontle, material que debe ser cribado y lavado, extendiéndose hasta formar una capa de 10 cm de espesor. Los pisos terminados deben quedar delimitados por guarniciones de concreto.

- b) Pisos de losas de concreto armado. Las losas se deben diseñar con un $f'c = 19.6 \text{ MPa}$ (200 kg/cm^2), debiendo tener un espesor mínimo de 8 cm, incluyendo juntas de construcción, expansión y contracción de acuerdo al reglamento ACI-318 y a las recomendaciones indicadas en el manual ACI-302. Las losas de concreto deben ser armadas con malla electrosoldada $6 \times 6/10-10$ y conectadas al sistema de tierras. La pendiente de los pisos hacia los registros de drenaje debe ser del 0.2 %.

4.2.6 Estructuras mayores

Son aquellos elementos estructurales que sujetan y soportan las barras, buses transversales y cables de guarda de la subestación; estructuras (marcos) colocados sobre mamparas, para recibir acometidas de circuitos externos de distribución, para subestación de servicios propios y para bancos de capacitores.

El diseño de las estructuras mayores se debe hacer tomando en cuenta la velocidad máxima de viento con período de retorno de 200 años y el coeficiente sísmico del sitio de la subestación, de acuerdo a lo indicado en las **Características Particulares**; así como también las cargas actuantes sobre las estructuras y los detalles de sujeción de cables, contenidos en los planos de Disposición de Equipo e Isométrico con Cargas. Se debe cumplir con la especificación CFE JA100-57.

Los perfiles para las estructuras metálicas deben ser de celosía a base de ángulos, de alma llena (placas soldadas) o tubulares. Todas las estructuras mayores y su tornillería deben ser galvanizadas por inmersión en caliente.

El Contratista debe elaborar los siguientes planos de diseño: Isométrico de Montaje, Columnas y Trabes, y Planos de Taller los cuales deben contener los detalles precisos para su fabricación, las especificaciones de los materiales y los parámetros de diseño, velocidad máxima de viento, periodo de retorno y coeficiente sísmico. El diseño y análisis estructural debe realizarse mediante un programa de computadora que cumpla con los requerimientos establecidos en la especificación CFE JA100-57.

4.2.7 Estructuras menores

Las estructuras menores son los elementos estructurales que soportan los equipos primarios y materiales de instalación permanente como son: transformadores de instrumento, apartarrayos, trampas de onda, interruptores, cuchillas y aisladores soporte considerando que la altura de las estructuras y sus bases de cimentación garantice las siguientes distancias de seguridad mínimas:

- a) Para el nivel de 400 kV: 7.0 m entre partes vivas y piso y 2.5 m entre la parte inferior de los aisladores y el piso.
- b) Para el nivel de 230 kV: 5.2 m entre partes vivas y piso y 2.3 m entre la parte inferior de los aisladores y el piso.
- c) Para el nivel de 115 kV: 4.2 m entre partes vivas y piso y 2.3 m entre la parte inferior de los aisladores y el piso.
- d) Para el nivel de 69 kV y menores: 3.0 m entre partes vivas y piso y 2.3 m entre la parte inferior de los aisladores y el piso.

140319	Rev										
--------	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

El diseño se debe realizar tomando en cuenta los parámetros de velocidad máxima de viento con período de retorno de 200 años y coeficiente sísmico, debiendo cumplir con la especificación CFE JA100-57, el reglamento ACI-318 y la norma NMX-C-414-ONNCCE.

Las estructuras menores pueden ser: a) metálicas, ya sea de celosía con perfiles de ángulo o tubulares, en ambos casos con acabado extra-galvanizado; b) de concreto armado con un $f'c = 19.6 \text{ MPa}$ (200 kg/cm^2). El tipo de estructuras menores debe ser de acuerdo a lo especificado en las **Características Particulares**.

El diseño y análisis estructural debe realizarse por medio de un programa de computadora que incluya los parámetros necesarios de las especificaciones anteriormente indicadas.

4.2.8 Cimentaciones para estructuras mayores

Las cimentaciones para estructuras mayores son aquellos elementos cuyo propósito es dar soporte eficiente y seguro a las estructuras mayores, incluyendo a los equipos de transformación y reactores de potencia.

Estas cimentaciones se deben diseñar con base en los siguientes lineamientos:

- a) El diseño se debe realizar con apego a lo establecido en la especificación CFE DCCSET01 Construcción de Subestaciones de Transmisión, considerando adicionalmente las recomendaciones y resultados del estudio geotécnico del sitio donde se localizará la obra. Dicho estudio se debe realizar con base en lo establecido en la especificación CFE C0000-44.
- b) Las cimentaciones para estructuras mayores deben ser de concreto armado y ser diseñadas con base en el reglamento de diseño de estructuras de concreto reforzado ACI-318.
- c) La resistencia del concreto a utilizar debe ser de $f'c = 24.5 \text{ MPa}$ (250 kg/cm^2) debiéndose emplear cemento que cumpla con la norma NMX-C-414-ONNCCE y la especificación CFE C0000-15; el acero de refuerzo empleado debe tener una resistencia $f_y = 411.6 \text{ MPa}$ (4200 kg/cm^2).
- d) El diseño estructural de la cimentación se debe hacer por el método de resistencia última. Para lo anterior, se deben emplear los elementos mecánicos ya factorizados obtenidos del análisis estructural descrito en la especificación CFE JA100-57.
- e) Los anclajes en las cimentaciones para sujetar a las estructuras se deben diseñar con acero redondo estructural liso ASTM tipo A-36 estándar galvanizado.

Con base en las características constructivas y operativas, peso y dimensiones de los transformadores y reactores de potencia es necesario que la cimentación garantice su estabilidad y buen funcionamiento, para lo cual se deben incluir los medios de anclaje necesarios. Las cimentaciones mayores para estos equipos deben contar con una fosa de captación de aceite, cuyo propósito sea la captación inmediata de fugas de aceite sin que éste se derrame.

Con el propósito de facilitar las labores de maniobra y acceso de cada transformador o reactor de potencia a su respectivo cimiento, el Contratista debe incluir para cada unidad, una losa de concreto armado provista de dos placas de acero para deslizamiento de las unidades en la longitud comprendida entre sus cimientos y el camino interior más cercano. Las losas de concreto armado y las placas de acero se deben diseñar con base en las dimensiones del bastidor y el peso total de cada unidad.

En caso de utilizar pilas de cimentación, estas deben tener un diámetro mínimo de 0.60 m.

140319	Rev										
--------	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

4.2.9 Cimentaciones para estructuras menores

Las cimentaciones para estructuras menores son aquellos elementos cuyo propósito es dar soporte a los transformadores de instrumento, apartarrayos, trampas de onda, interruptores, cuchillas, aisladores soporte y torre de telecomunicaciones.

Las cimentaciones para estructuras menores se deben diseñar con base en los lineamientos a), b), c), d) y e) dados en el punto 4.2.8 Cimentaciones para estructuras mayores, con la salvedad de que la resistencia del concreto a utilizar debe ser de $f'c = 19.6 \text{ MPa}$ (200 kg/cm^2).

En caso de utilizar pilas de cimentación, estas deben tener un diámetro mínimo de 0.50 m.

4.2.10 Edificios y casetas

Son estructuras que tienen como finalidad proteger de agentes ambientales a los equipos y tableros de una subestación eléctrica que requieran de instalación interior. El diseño de las casetas y edificios debe garantizar la estabilidad e integridad estructural ante sollicitaciones mecánicas o externas.

Por su utilización, los edificios y casetas se clasifican en: casetas de control, edificios de subestaciones aisladas en gas SF_6 , casetas de relevadores, casetas de tableros tipo Metal-Clad, casetas distribuidas, casetas para planta de generación tipo diesel y casetas de vigilancia.

Las casetas y edificios se deben diseñar con apego a los siguientes puntos:

- a) Se debe cumplir con lo establecido en las especificaciones CFE C0000-13, CFE CPTT DIC PCI-01 y, en lo aplicable, con la guía para la prevención, control y extinción de incendios en subestaciones eléctricas, atendiendo adicionalmente los requerimientos del proyecto electromecánico, como son dimensiones y peso de equipos y tableros, detalles de anclajes, entre otros.
- b) Para el caso de suelos deformables, se debe garantizar el buen comportamiento de las estructuras por asentamientos o expansiones totales y diferenciales. Las cimentaciones se deben diseñar de concreto armado, empleando cemento que cumpla con la norma NMX-C-414-ONNCCE y las especificaciones CFE C0000-15 y CFE CPTT DIC PCI-01.
- c) El diseño estructural debe ser de tipo modular con el propósito de facilitar su crecimiento.
- d) Cuando se requiera un diseño arquitectónico especial, acorde con el entorno del sitio donde se ubicará la Obra, esto se especificará en las **Características Particulares**.
- e) Los pisos deben ser de loseta cerámica o cemento pulido con terminado a base de sellador y recubrimiento epóxico con acabado de poliuretano. Los tipos de pisos para cada obra se especifican en las **Características Particulares**.
- f) Los pisos en la sala de baterías deben ser de loseta resistente a los ácidos, en tanto que los pisos en baño deben ser de loseta cerámica antiderrapante.
- g) Para las casetas de control se debe considerar lo siguiente:
 - el techo será a dos aguas, conformado por dos losas a desnivel de concreto armado, separadas a todo lo largo con una franja de block traslúcido (vitroblock),
 - no se incluirá ningún tipo de ventana,
 - las puertas que sirvan para acceso de personas y equipos, desde el exterior de la caseta, deben ser metálicas, construidas con estructura de PTR, con cubierta de aluminio anodizado

140319	Rev										
--------	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

natural y sin cristales. Las puertas de este tipo, que además separen áreas donde se tenga aire acondicionado, deben ser térmicamente aisladas. Las puertas para comunicar áreas interiores deben ser de madera,

- se deben incluir las instalaciones requeridas para evitar drenar los escurrimientos de las losas hacia el área de trincheras,
- las losas se deben impermeabilizar extendiendo una capa de mezcla para recibir un enladrillado en forma de petatillo, sobre el cual se aplicará una lechada a modo de sello,
- las losas se deben aislar térmicamente con espuma de poliuretano a base de aspersión, debiendo recibir un acabado final en color terracota,
- el diseño y sus instalaciones deben permitir el libre crecimiento para ampliaciones futuras, por lo que debe evitarse la instalación de otros elementos de la subestación (caseta para planta de generación tipo diesel, subestación de servicios propios, canalizaciones, accesos de cables, unidades de aire acondicionado, entre otros.), que obstaculicen el crecimiento,
- un sistema hidrosanitario que debe contar con: a) una cisterna para agua potable con capacidad de 6000 Ly una bomba con capacidad de 186.5 W; b) un tinaco con capacidad mínima de 1100 L; c) un sistema de control automático a base de electro-niveles para la cisterna y el tinaco; d) una red de drenaje conectada al sistema de drenaje municipal o, en su defecto, una fosa séptica prefabricada o construida en sitio con una capacidad mínima para 5 personas incluyendo un sistema de separación de aguas jabonosas y pozo de absorción; y e) mobiliario para baño (lavabo, mingitorio y excusado) y cuarto de baterías (tarja y fuente lava ojos), incluyendo ramales de alimentación y conexiones.

Se deben elaborar los siguientes planos: arquitectónico, estructural y de instalaciones hidrosanitarias, los cuales deben contener los detalles precisos para su construcción, especificación de los materiales y parámetros de diseño (coeficiente sísmico, velocidad regional de viento con su periodo de retorno y capacidad de carga del terreno).

4.2.11 Sistema de drenaje, trincheras y ductos

4.2.11.1 Sistema de drenaje

El sistema de drenaje de la subestación tiene la función de desalojar en forma eficiente y segura el agua proveniente de las precipitaciones pluviales y escurrimientos naturales. El sistema de drenaje debe consistir en el diseño de una red de tuberías, registros, cunetas, contracunetas, lavaderos, vados, subdrenes, canales, pozos de amortiguamiento, pozos de absorción que tengan como propósito salvaguardar la integridad de toda la instalación y sus elementos, como son: bardas, plataformas, caminos, edificaciones y equipos, encauzando y desfogando las aguas hacia los escurrimientos naturales originales en los límites del predio o, en su caso, hacia el sitio que defina CFE en las **Características Particulares**.

El sistema de drenaje se debe diseñar con base en el método racional americano, con los siguientes parámetros: área tributaria, coeficiente de escurrimiento, e intensidad de lluvia esta última obtenida del documento ISOYETAS DE INTENSIDAD – DURACIÓN – FRECUENCIA DE LA REPÚBLICA MEXICANA, emitida por la SCT para un período de retorno de 50 años. Además, se deben considerar los siguientes lineamientos generales:

- a) Se debe diseñar un sistema de drenaje que funcione por gravedad tomando en cuenta principalmente la(s) plataforma(s) de la subestación, la topografía del terreno, el estudio hidrológico de la zona de influencia y el plano de arreglo general de la subestación, ubicando los ejes de la red de colectores primarios y secundarios de tal manera que no interfieran con los cimientos de los equipos, estructuras y trincheras. Así mismo, se deben considerar dentro del diseño las obras de drenaje para las áreas que no formen parte de las plataformas pero que formen parte del predio de

140319	Rev									
--------	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--

la subestación. Las aguas estancadas por depresiones del terreno serán drenadas, retirando la capa de sedimentos y posteriormente rellenar con material de banco y compactar.

- b) Los registros se deben diseñar con secciones transversales de 50 x 60 cm a paños interiores, con una separación entre sí de 20 m en caso de que la intensidad de lluvia sea igual o mayor de 100 mm/h. Cuando la intensidad de lluvia sea menor a este valor, la separación entre registros debe ser a cada 25 m, excepto en los registros secundarios, donde la separación podrá reducirse. Los registros iniciales de un ramal deben tener una profundidad de 50 cm como mínimo con el propósito de evitar que el sistema de drenaje se profundice. Se deben utilizar registros de acceso-hombre de 100 x 100 cm a paños interiores en cualquiera de los siguientes casos: a) cuando la tubería se encuentre a una profundidad igual o mayor a 150 cm, b) cuando haya un cambio de dirección del colector, c) cuando las tuberías tengan un diámetro de 30.4 cm o mayor. Los registros pueden ser de concreto armado con $f'c = 19.6$ MPa (200 kg/cm²), o de tabique rojo recocido, con acabado interior en muros a base de aplanado pulido; en cualquiera de los dos casos se deben incluir tapas a base de rejilla tipo Irving galvanizada.
- c) Para determinar los diámetros de los tramos de tubería en las distintas trayectorias de la red, se debe tomar en cuenta el área tributaria y la captación de lluvia de cada tramo.
- d) Los colectores y ramales del sistema de drenaje deben funcionar por gravedad, debiendo tener una pendiente tal que cumpla con la velocidad mínima de 0.6 m/s para evitar el azolvamiento, y con la velocidad máxima de 3 m/s para que se evite la erosión.
- e) Escurrimientos internos y externos. El Contratista debe realizar el estudio hidrológico de la zona de influencia con la finalidad de determinar los escurrimientos naturales o artificiales externos de la subestación (arroyos, canales de riego, desagües, aportes de caudales de agua debidos a pendientes del terreno natural, entre otros.), para posteriormente diseñar las obras de desvío y protección en la periferia del terreno de la subestación, empleando para ello canales revestidos de concreto armado $f'c = 14.7$ MPa (150 kg/cm²) que funcionen por gravedad, cuyas pendientes serán determinadas en función de la topografía del terreno, de tal manera que éstos encuentre su cauce natural original. Para el manejo de aguas negras provenientes de asentamientos humanos se deben diseñar las obras de protección y desvío a través de tuberías de concreto simple que funcionen por gravedad, que se ubiquen en la colindancia del predio y cuyo desfogue conecte al cauce original.

De ser necesario, el sistema de drenaje debe incluir un tanque de amortiguamiento con el propósito de disminuir al mínimo la velocidad del agua a la salida del predio. Cuando a lo largo de la trayectoria se requiera disminuir la velocidad del agua, se deben incluir pantallas disipadoras de energía, fondos gunietados, bordillos, lavaderos u otro tipo de obras. Solo en caso de que no existan las pendientes adecuadas para encauzar el agua, se permitirá la construcción de pozos de absorción dentro del predio de la subestación, previa aceptación de CFE.

4.2.12 Trincheras

Las trincheras son canalizaciones construidas a base de muros de concreto armado y cuyo propósito es canalizar y proteger el cableado de protección, control, comunicaciones y fuerza de una subestación. Las trincheras cuentan con tapas removibles que permiten la revisión y mantenimiento de dicho cableado.

Los tipos de trinchera que se deben emplear son las tipo I, II, III y IV, cuyas características se especifican en el párrafo 4.1.9.1.

Adicionalmente las trincheras tipo III y IV incluyen en su diseño soportes metálicos cubiertos con neopreno que deben ser colocados a lo largo de toda su trayectoria con el propósito de que los cables no descansen sobre el fondo y sean un obstáculo para la libre descarga de agua en su interior. Estos soportes deben ser colocados a una distancia tal que evite que los cables lleguen al piso de la misma.

140319	Rev									
--------	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Las características constructivas de las trincheras se establecen en el documento DCSET-02 "Especificaciones de Construcción de Subestaciones de Transmisión".

Las trincheras y sus tapas deben ser construidas de concreto armado con $f'c = 19.6$ MPa (200 kg/cm²) y acero de refuerzo $f_y = 411.6$ MPa (4200 kg/cm²). Las tapas deben llevar un marco de ángulo de acero galvanizado y dos argollas retráctiles para izaje de fierro liso con un $\varnothing = 6.35$ mm (1/4 pulg.). El acabado de las trincheras debe ser concreto natural.

Las tapas de trinchera también podrán ser de polímeros compuestos que cumplan con los siguientes requisitos:

- a) Peso máximo de 25 kg/m²;
- b) Deformación máxima de L/30 (Longitud /30).
- c) Auto extingüibles y pasar prueba de retardancia a la flama.
- d) Tener una resistencia a la compresión mínima de 2 t para tapas peatonales y 15 t para tapas para paso vehicular.
- e) Resistir sin sufrir daños pruebas de intemperismo y ataques de agentes químicos.
- f) Garantizar una vida útil mínima de 25 años.
- g) Contar con una superficie antiderrapante en color gris.

Contar con argollas incrustadas de varilla de acero inoxidable grado AISI-304 con diámetro de 6.35 mm (1/4 pulgada) para su izaje. Los requisitos anteriores deben ser avalados por un laboratorio certificado y deben cumplir con al menos las siguientes normas:

- a) NMX-E-032-CNCP.
- b) NMX-E-083-CNCP.
- c) NMX-E-088-CNCP.
- d) NMX-E-163-CNCP.
- e) NMX-E-183-CNCP.
- f) NMX-E-256-CNCP.

Las trincheras deben drenar lateralmente hacia los registros de drenaje para que éstos no se profundicen demasiado, empleando para ello tubería de PVC hidráulico de 10.16 cm de diámetro como mínimo. En el fondo de las trincheras se debe construir un firme con parte aguas con una pendiente del 2 al millar hacia los desfuegos laterales o coladeras de fondo. Las trincheras deben sobresalir del piso terminado 10 cm mínimo para evitar que se introduzca el agua de lluvia. Los registros para drenar las trincheras deben ubicarse contiguos a éstas para facilitar los trabajos de limpieza y desazolve en los puntos de descarga.

Cuando se requiera canalizar cable dieléctrico con fibras ópticas integradas (CDFO) en el interior de las trincheras de la subestación, éste debe alojarse en el interior de tubos de PVC hidráulico pared gruesa de 76.2 mm, debiendo sellarse en sus extremos y ser instalados en el interior de la trinchera (parte superior).

140319	Rev										
--------	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

4.2.13 Ductos

Para canalizar los cables de control y fuerza desde los registros del equipo primario hasta las trincheras se deben utilizar tuberías de PVC tipo hidráulico.

Para canalizar el cableado de protección, control, comunicaciones y fuerza de los equipos primarios, se instalarán tubos de PVC hidráulico pared gruesa que se interconectarán a las trincheras más cercanas. Con el propósito facilitar la instalación de este cableado, se debe incluir un registro por cada tipo de equipo primario, construido de ladrillo con aplanado o concreto armado, debiendo incluir una tapa ciega y argollas para maniobra.

4.2.14 Fosa de captación de aceite, tanque colector de aceite y mamparas

En las subestaciones de potencia se debe considerar la instalación de un sistema para la prevención, control y extinción de incendios que incluye elementos pasivos y, en casos especiales, sistemas activos.

En aquellas subestaciones donde se instalen equipos de transformación y reactores de potencia, se deben incluir elementos pasivos como son la fosa de captación de aceite, el tanque colector de aceite y las mamparas para la protección de estos equipos. Las características funcionales de estos elementos se definen en la GUÍA PARA LA PREVENCIÓN, CONTROL Y EXTINCIÓN DE INCENDIOS EN SUBESTACIONES ELÉCTRICAS.

Los requerimientos específicos de estos elementos se definen en las **Características Particulares** correspondientes a cada Obra.

Los criterios generales aplicables al diseño civil de estos elementos se describen a continuación.

4.2.15 Fosa de captación de aceite

La fosa de captación de aceite está conformada por un espacio dentro de la cimentación de cada transformador o reactor de potencia y cuyo propósito es la captación del aceite que eventualmente pueda llegar a fugarse del equipo. Dada su naturaleza, el diseño civil de la fosa de captación forma parte del diseño de la cimentación del equipo, que debe ser de acuerdo a lo establecido en el inciso 4.2.8 Cimentaciones para estructuras mayores.

La capacidad de cada fosa de captación debe ser del 30 % del volumen del aceite total de cada unidad. La superficie de captación de la fosa abarcará totalmente la proyección horizontal de todos los elementos (tanque principal, tanque conservador, radiadores y boquillas) de los transformadores y reactores de potencia. Cada fosa incluirá una rejilla metálica tipo Irving con recubrimiento anticorrosivo diseñada para soportar piedra bola (diámetro entre 12 cm y 20 cm). La rejilla metálica se instalará a una profundidad tal que sobre ésta se pueda colocar una capa de 30 cm de espesor de piedra bola, dejando entre esta capa y la parte superior de la fosa un espacio libre de 15 cm. La fosa de captación se debe diseñar considerando que sus escurrimientos descargarán a un tanque colector común mediante un sistema de drenaje subterráneo que funcionará por gravedad a base de tuberías con un diámetro mínimo de 25.4 cm. Este sistema de drenaje no debe tener comunicación con trincheras de cables ni con el drenaje pluvial de la subestación.

4.2.16 Tanque colector de aceite

El tanque colector de aceite está conformado básicamente por una cisterna que se construye en la cercanía del equipo de transformación o los reactores de potencia, cuyo propósito es captar el aceite proveniente de las fosas de captación de aceite. El tanque colector se debe diseñar de concreto hidráulico armado con una resistencia de $f'c = 19.6 \text{ MPa}$ (200 kg/cm^2) y acero de refuerzo de $f_y = 411.6 \text{ MPa}$ ($4\ 200 \text{ kg/cm}^2$).

La capacidad del tanque colector debe ser del 120 % del volumen del aceite total de la unidad mayor de los equipos de transformación y reactores de potencia que descarguen en él. Este tanque no tendrá comunicación con trincheras de cables ni con el drenaje pluvial de la subestación. Se debe incluir un sistema de bombeo y cárcamo para extracción del agua de lluvia mediante una bomba para agua de 373 W, protegida contra la intemperie y con control manual o automático con base en un sistema de electroniveles. El tanque colector debe incluir una lumbrera para acceso

140319	Rev										
--------	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

hombre con tapa ciega abatible y una escalera marina en el interior para su acceso. La ubicación del tanque colector debe ser tal que no interfiera con construcciones y futuras ampliaciones, quedando su localización definida en los planos de cada Obra. Cuando las unidades cuenten con un sistema contra incendio automático del tipo diluvio, el diseño del tanque colector debe considerar el volumen de agua adicional a descargar en caso de incendio.

4.2.17 Mamparas

Las mamparas están conformadas por muros que se construyen entre cada transformador o reactor de potencia, cuyo propósito es limitar los daños y la potencial propagación de fuego a los equipos adyacentes. Las mamparas se deben diseñar de concreto, block macizo sin huecos o tabique rojo con acabado aparente, rigidizados con columnas y travesaños de concreto armado o prefabricados con juntas debidamente selladas. Se debe emplear concreto con una resistencia de $f'c = 19.6 \text{ MPa}$ (200 kg/cm^2) y acero de refuerzo de $f_y = 411.6 \text{ MPa}$ (4 200 kg/cm^2). Las dimensiones de las mamparas y su separación está en función del tamaño real de los equipos a instalar, debiendo éstas tener una altura de 30 cm por encima de la parte más alta de los equipos y una longitud que sobrepase 61 cm (30.5 cm de cada lado) del cuerpo de éstos. Las mamparas se deben diseñar y construir para soportar al menos dos horas de fuego continuo. El diseño de las mamparas se debe realizar tomando en cuenta los siguientes parámetros: velocidad máxima de viento con período de retorno de 200 años y coeficiente sísmico de acuerdo a la zona donde se localicen, así como las cargas actuantes como son: estructuras metálicas, barras del terciario y neutro, y otras que se indiquen en los planos de Disposición de Equipo e Isométrico con Cargas. Las cimentaciones de las mamparas deben cumplir con lo establecido en la especificación CFE JA100-65.

4.2.18 Obras Complementarias

Se debe de realizar el diseño de obras complementarias cuando se requiera y que incluyan de manera enunciativa, más no limitativa, lo siguiente:

El desvío de escurrimientos, cauces de arroyos naturales, canales de riego o canales de agua residuales, mediante el uso de cunetas, contracunetas, canales superficiales o tuberías, tanques de amortiguamiento, pantallas disipadoras de energía, bordos, muretes, lavaderos, entre otros, cumpliendo siempre con la velocidad mínima de 0.60 m/seg y máxima de 3 m/seg, con las cuales evitan azolvamiento y erosión, respectivamente, de tal manera que resguarden las instalaciones de la subestación y de los predios adyacentes, respetando los escurrimientos naturales.

4.3 Ingeniería de Detalle

El Contratista debe desarrollar la ingeniería de detalle, documentar las memorias de cálculo y elaborar los planos de todos los conceptos electromecánicos y civiles.

4.3.1 Ingeniería de detalle en el diseño electromecánico

1. Cronograma de diseño electromecánico.
2. Esquema (diagrama unifilar simplificado).
3. Arreglo general.
4. Disposición de equipo (planta).
5. Disposición de equipo (cortes).
6. Isométrico con cargas.
7. Localización trayectoria de trincheras, ductos y registros.
8. Herrajes y conectores (planta).

140319	Rev										
--------	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

9. Herrajes y conectores (cortes).
10. Detalles de herrajes, conectores y lista de materiales.
11. Red de tierras.
12. Detalles de soldaduras, varillas, montaje de red de tierras y lista de materiales.
13. Terciario de transformadores o autotransformadores, (planta y cortes).
14. Detalle barra auxiliar.
15. Detalle de bus terciario.
16. Detalle de bus de reserva.
17. Alumbrado exterior (planta).
18. Alumbrado exterior, detalles de montaje, cuadro de cargas, diagramas y lista de materiales.
19. Localización de claros, flechas y tensiones.
20. Caseta de control. Arreglo de tableros, baterías y cargadores.
21. Caseta de control. Trayectorias de charolas y lista de materiales.
22. Caseta de control. Sistema de alumbrado y lista de materiales.
23. Gabinetes de tablillas en caseta de control.
24. Gabinetes de centralización.
25. Caseta de relevadores. Arreglo.
26. Caseta de relevadores. Trayectoria de charolas y lista de materiales.
27. Caseta de relevadores. Sistema de alumbrado y lista de materiales.
28. Arreglo(s) de servicios propios de corriente alterna, línea de distribución y/o terciario. Arreglo planta de emergencia.
29. Esquema (diagrama) unifilar de protección control y medición general.
30. Tablero de control (mímico).
31. Tableros de protecciones.
32. Dimensiones generales y anclaje.
33. Esquemas desarrollados de protección control y medición.
 - * Líneas 1, 2, ..., n Tensiones ____ kV.
 - * Transformadores/Autotransformadores. relación ____ kV.
 - * Amarre de barras o transferencia ____ n. Tensiones ____ kV.
 - * Protección diferencial de barras ____ n. Tensiones ____ kV.

140319	Rev										
--------	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

- * Medición de barras _____ kV.
- * Banco de capacitores _____ kV.
- * Reactores _____ kV.

34. Diagrama unifilar de servicios propios. General.

35. Tablero de servicios propios.

36. Dimensiones generales y anclaje.

37. Esquemas desarrollados de servicios propios 220/127 V c.a.

38. Esquemas desarrollados de servicios propios 125 V c.d.

39. Esquemas desarrollados de servicios propios 48 V c.d.

40. Banco de baterías 125 V c.d. y cargadores.

41. Diagramas y planos de sistema de comunicaciones y control supervisorio.

42. Dibujos de montaje a detalle: Todos los equipos principales indicando tipo, marca y peso para cada tensión.

- * Transformador/Autotransformador de potencia.
- * Interruptores.
- * Cuchillas desconectoras.
- * Transformadores de corriente.
- * Transformadores de potencial inductivo.
- * Transformadores de potencial capacitivo.
- * Apartarrayos.
- * Trampas de onda.
- * Aislador soporte.
- * Reactores.
- * Capacitores.
- * Transformador de servicios propios.
- * Banco de baterías y los cargadores.
- * Planta de emergencia.

43. Lista de cables de control y fuerza.

44. Memorias de cálculo.

- * Coordinación de aislamiento (distancia de seguridad y distancias mínimas recomendadas, blindaje, efecto corona, radiointerferencia [nivel de ruido]).
- * Red de tierras.
- * Flechas y tensiones con gráficas para tendido.
- * Alumbrado exterior y perimetral.
- * Alumbrado caseta de control.
- * Alumbrado caseta de relevadores.
- * Aire acondicionado.
- * Planta de emergencia.

140319	Rev										
--------	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Estas memorias de cálculo deben indicar el procedimiento citando las normas internacionales, nacionales o internas de CFE que se utilicen como fuente de información. En los casos que se requiera del uso de programas de cómputo, el Contratista debe proporcionar una copia en un medio electrónico, así como la licencia para la utilización de éstos.

4.3.2 Ingeniería de detalle en el diseño civil

1. Cronograma de diseño civil.
2. Plataformas, terracerías y jardinería.
3. Bardas, incluyendo diseño arquitectónico de fachadas y puertas.
4. Pisos terminados.
5. Camino de acceso a la subestación.
6. Accesos (caminos) interiores y perimetrales.
7. Edificio SF₆
 - * Estructural, incluyendo cimentaciones.
 - * Arquitectónico, con fachadas y pisos.
 - * Hidrosanitario, incluyendo fosa séptica.
8. Caseta de control y caseta de relevadores.
 - * Estructural, incluyendo cimentaciones.
 - * Arquitectónico, con fachadas y pisos.
 - * Hidrosanitario, incluyendo fosa séptica.
9. Sistemas de drenajes.
10. Sistemas de trincheras y ductos.
11. Estructuras mayores.
 - * Estructuras metálicas.
 - * Cimentaciones de estructuras metálicas.
12. Cimentación y muros de protección para bancos de transformación y/o reactores.
13. Estructuras menores (soporte y cimentación)
 - * Interruptores.
 - * Cuchillas desconectadoras.
 - * Transformadores de corriente.
 - * Transformadores de potencial inductivo.
 - * Transformadores de potencial capacitivo.
 - * Apartarrayos.
 - * Trampas de onda.
 - * Aislador soporte.
 - * Capacitores.

140319	Rev										
--------	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

- * Transformador de servicios propios

14. Arreglo terciario y servicios propios.

- * Estructuras soporte.
- * Cimientos.

15. Tanque colector de aceite.

16. Cisterna para agua potable.

NOTA:

- 1 Todos los diseños deben presentar su Memoria básica o archivo ejecutable en medio electrónico y Memoria de Cálculo correspondiente, donde se justifique plenamente el análisis y diseño adoptado.
- 2 Las actividades de diseño electromecánico y civil que se han relacionado son indicativas más no limitativas, por lo que el Contratista debe adicionar las que considere necesarias para cada subestación en particular.
- 3 Todos los diseños deben quedar documentados en planos para construcción, de los cuales, cuatro tantos de su edición final deben ser entregados a CFE con el correspondiente respaldo de archivos de AutoCad Versión 2011 o superior en CD.

5 BIBLIOGRAFÍA

- | | | |
|-----|------------------------|--|
| [1] | CPTT-SISF01 | Lineamientos y Especificaciones Generales de Sistemas Integrales de Seguridad Física para Subestaciones. |
| [2] | CPTT DIC PCI-01 | Especificación para Diseño de Plataformas y Caminos Interiores en Subestaciones. |
| [3] | DCSET-02 | Especificaciones de Construcción de Subestaciones de Transmisión. |

140319	Rev										
--------	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--