



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica

**ELABORACIÓN DE NORMAS TÉCNICAS DE DISEÑO DE
SUBESTACIONES ELÉCTRICAS Y LÍNEAS DE TRANSMISIÓN
PARA LA RED DE ETCEE-INDE**

Byron Alberto Gálvez Vásquez

Asesorado por el Ing. Jorge Mario Méndez Nájera

Guatemala, octubre de 2007

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ELABORACIÓN DE NORMAS TÉCNICAS DE DISEÑO DE
SUBESTACIONES ELÉCTRICAS Y LÍNEAS DE TRANSMISIÓN
PARA LA RED DE ETCEE-INDE**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR:

BYRON ALBERTO GÁLVEZ VÁSQUEZ

ASESORADO POR EL ING. JORGE MARIO MÉNDEZ NÁJERA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO ELECTRICISTA

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2007

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Jorge Pérez Rivera
EXAMINADOR	Ing. Fernando Moscoso Lira
EXAMINADOR	Ing. Kenneth Issur Estrada Ruiz
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

ELABORACIÓN DE NORMAS TÉCNICAS DE DISEÑO DE SUBESTACIONES ELÉCTRICAS Y LÍNEAS DE TRANSMISIÓN PARA LA RED DE ETCEE-INDE

tema que me fuera aprobado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, el 17 de abril de 2006.

BYRON ALBERTO GÁLVEZ VÁSQUEZ

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por darme sabiduría, entendimiento y fuerza para vencer todos los obstáculos que encontré en mi camino.
Mis padres	Violeta Vásquez y Rudy Gálvez, por su amor, apoyo y esfuerzo incondicional que me han brindado a lo largo de estos años.
Mi hermano	Rudy Alexander, por su cariño y apoyo, ya que ha sido parte fundamental en mi vida.
Mis Abuelitos	Everilda González, Aura Vallejo y José Nelton Vallejo, por estar a mi lado y brindarme su amor y apoyo incondicional.
Mi familia en general	Por todos sus consejos y apoyo que me han brindado.
Mis amigos	En especial a Henry Cifuentes y Rodolfo Ixtamalí, que en paz descansen, por todos los momentos compartidos.
Mi asesor	Ingeniero Jorge Mario Méndez, por su apoyo al realizar este trabajo de graduación.
La Universidad	Por todas las enseñanzas que llevo conmigo.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTACIONES	XVII
LISTA DE SÍMBOLOS	XXI
RESUMEN	XXIII
OBJETIVOS	XXV
INTRODUCCIÓN	XXVII

1. EQUIPO ELÉCTRICO UTILIZADO EN SUBESTACIONES ELÉCTRICAS

1.1	Banco de tierra	1
1.1.1	Tipos de bancos de tierra	2
1.2	Transformadores de potencial (PT's)	2
1.1.1.2	Parámetros de los PT's	3
1.3	Transformadores de corriente (CT's)	4
1.3.1	Tipos de transformadores de corriente	5
1.3.2	Parámetros de los CT's	5
1.4	Dispositivo de potencial (Capacitivo)	7
1.4.1	Parámetros de los transformadores capacitivos	8
1.5	Banco de capacitores	8
1.6	Capacitores	9
1.7	Pararrayos	11
1.7.1	Características principales de los pararrayos	11
1.7.2	Funciones de los pararrayos	11
1.7.3	Sobretensiones en pararrayos	12
1.7.4	Tipos de pararrayos	12

1.7.4.1	Cuernos de arqueo	12
1.7.4.2	Pararrayos autovalvulares	13
1.7.4.3	Pararrayos de oxido metálicos	13
1.7.5	Parámetros de los pararrayos	14
1.8	Interruptores	15
1.8.1	Parámetros de los interruptores	15
1.8.2	Tipos de interruptores	16
1.8.2.1	Interruptores en gran volumen de aceite	17
1.8.2.2	Interruptores en pequeño volumen de aceite	17
1.8.2.3	Interruptores neumáticos	18
1.8.2.4	Interruptores en vacio	18
1.9	Fusibles	19
1.9.1	Tipos de fusibles	20
1.9.1.1	Expulsión	20
1.9.1.2	Limitador de corriente	20
1.9.1.3	Vacio	21
1.10	Reactores	21
1.11	Trampa de onda o bobina de bloqueo	22
1.12	Interruptor de cierre o recloser	23
1.12.1	Equipamiento principal	24
1.12.1.1	Características del interruptor automático de recierre (Recloser)	24
1.13	Reguladores de voltaje	27
1.14	Baterías	28
1.15	Cargadores de batería	28
1.16	Hilo de guarda	29
1.16.1	Efecto del cable de guarda	30
1.17	Aisladores	31
1.17.1	Tipos de aisladores	31

1.17.1.1	Aisladores tipo alfiler	31
1.17.1.2	Aisladores tipo poste o soporte	32
1.17.1.3	Aisladores de suspensión (Cadenas de aisladores)	33
1.18	Cuchillas o seccionadores	34
1.18.1	Tipos de seccionadores	36
1.18.1.1	Seccionador de puesta a tierra	36
1.19	Relevadores de protección	36
1.20	Interruptores de potencia o disyuntores	36
1.21	Propósito de un sistema de protección	37
1.21.1	Zonas de protección	38
1.22	Descargadores	38
1.22.1	Tipos de descargadores	39

2. EQUIPO ELÉCTRICO UTILIZADO EN LÍNEAS DE TRANSMISIÓN

2.1	Aislamiento de las líneas	41
2.1.1	Materiales aislantes	42
2.2.1	Tipos de aisladores	42
2.2.1.1	Aisladores de soporte o aisladores rígidos	42
2.2.1.2	Aisladores de suspensión	43
2.2.1.3	Aislador pírex	45
2.2.1.4	Aisladores de tensión o amarre	45
2.2.1.5	Cadena de aisladores	46
2.3	Conductores simples y múltiples	47
2.3.1	Disposición de conductores	48
2.3.1.1	La coplanar horizontal	48
2.3.1.2	Coplanar vertical	49
2.3.1.3	La disposición triangular	49
2.3.2	Conductores aéreos de tierra (cables de tierra)	50

2.3.3	Conductores de contra peso o contraantena	51
2.4	Pararrayos	52
2.5	Morseteria o herrajes	53
2.5.1	Clasificación	53
2.5.2	Características particulares	54
2.6	Amortiguadores de vibración	55
2.6.1	Tipos de amortiguadores	56
2.6.1.1	Amortiguadores de palanca oscilante	56
2.6.1.2	Amortiguadores Stockbridge	57
2.6.1.3	Amortiguadores de pistón y resorte	57
2.7	Estructuras	58
2.7.1	Clasificación de las estructuras	58
2.7.1.1	Estructuras de suspensión	58
2.7.1.2	Estructuras de retención	58
2.7.1.3	Estructuras autoportantes	59
2.7.1.3.1	Autoportantes rígidas	59
2.7.1.3.2	Autoportantes flexibles	60
2.7.1.4	Estructuras arriendadas	60
2.7.1.5	Materiales para estructuras	60
2.7.1.5.1	Madera	60
2.7.1.5.2	Hormigón armado	61
2.7.1.5.3	Acero	62
2.7.2	Fundaciones de las estructuras	64
2.7.2.1	Tipos de fundaciones	67
2.7.2.1.1	Fundaciones de tierra	67
2.7.2.1.2	Fundaciones de hormigón	68
2.7.3	Estructuras especiales	68

3. SISTEMA NACIONAL INTERCONECTADO

3.1	Centro de distribución	70
-----	------------------------	----

4. ASPECTOS GEOGRÁFICOS DE DONDE SE UBICAN LAS DIFERENTES SUBESTACIONES Y LÍNEAS DE TRANSMISIÓN DE ETCEE-INDE

4.1	Las regiones fisiográficas	73
4.2	El clima	74
4.2.1	Régimen térmico, régimen pluvial y vientos	74
4.2.2	La diversidad local del clima	75
4.5.3	Vientos locales	76
4.5.4	Las variaciones de la temperatura	76
4.5.5	Las variaciones pluviales	77

5. ESPECIFICACIÓN GENERAL PARA DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE SUBESTACIONES

5.1	Generalidades	79
5.1.1	Objetivo	79
5.1.2	Campo de aplicación	80
5.1.3	Materiales y equipo	80
5.1.4	Sistema de medida	80
5.1.5	Impacto ambiental	80
5.1.6	Definiciones y acrónimos	81
5.2	Especificaciones de diseño subestaciones	81
5.2.1	Criterios generales de diseño eléctrico	81
5.2.1.1	Diagrama unifilar de potencia, protección, control y medición	81
5.2.1.2	Arreglo general	82

5.2.1.3	Servicios propios	83
5.2.1.4	Disposición de equipo	84
5.2.1.5	Isométrico de carga	84
5.2.1.6	Flechas y tensiones	85
5.2.1.7	Arreglo de la caseta de control y/o relevadores	85
5.2.1.8	Red de tierras	86
5.2.1.9	Canaletas, ductos y registros	88
5.2.1.10	Herrajes, conectores, conductores y aisladores	91
5.2.1.11	Cableado de subestaciones	91
5.2.1.12	Alumbrado exterior	93
5.2.1.13	Sistemas contra incendio	94
5.2.1.14	Planos de diseño e instructivos de equipo	94
5.3	Criterios generales de diseño civil	96
5.3.1	Terracerías	97
5.3.2	Barda perimetral	100
5.3.3	Camino de acceso	101
5.3.4	Caminos interiores	102
5.3.5	Pisos terminados	105
5.3.6	Estructuras mayores	107
5.3.7	Estructuras menores	108
5.3.8	Cimentaciones para estructuras mayores	109
5.3.9	Cimentaciones para estructuras menores	111
5.3.10	Edificios y casetas	111
5.3.11	Sistema de drenaje, canaletas y ductos	115
5.3.12	Fosa de captación de aceite, tanque colector de aceite y tabiques	120
5.3.13	Obras complementarias	123
5.4	Ingeniería de detalle	124
5.4.1	Ingeniería de detalle en el diseño electromecánico	124

5.4.2	Ingeniería de detalle en el diseño civil	127
5.5	Construcción	129
5.5.1	Aspectos generales	129
5.5.1.1	Localización de las obras	130
5.5.1.2	Alcance de los trabajos	130
5.5.1.3	Obligaciones	130
5.5.1.4	Supervisión	132
5.5.1.5	Materiales y equipos de instalación permanente	132
5.5.1.6	Normas de calidad de los materiales de construcción	133
5.6	Obra Civil	134
5.6.1	Desmonte y despalme	134
5.6.2	Terracerías	136
5.6.3	Excavaciones para cimientos	140
5.6.4	Anclajes para cimentaciones en roca	144
5.6.5	Cimentaciones con pilotes	147
5.6.6	Acero de refuerzo para concreto	150
5.6.7	Concreto en cimentaciones	152
5.6.8	Canaletas y ductos para cables	159
5.6.9	Sistema de drenaje	163
5.6.10	Relleno y compactado	166
5.6.11	Caseta y edificios	169
5.7	Obra electromecánica	200
5.7.1	Montaje de estructuras mayores y menores	200
5.7.2	Montaje, tendido y conectado de buses	202
5.7.3	Montaje de transformadores y reactores de potencia	205
5.7.4	Montaje de interruptores de potencia	216
5.7.5	Montaje de cuchillas seccionadoras de potencia	220
5.7.6	Montaje de equipo menor	223
5.7.7	Montaje de tableros de control, protección y medición	226

5.7.8	Montaje de tableros de servicios propios	227
5.7.9	Montaje de bancos y cargadores de baterías	229
5.7.10	Tendido y conectado de cables de control	236
5.7.11	Instalación de fuerza y alumbrado exterior	238
5.7.12	Colocación del sistema de tierras	241

6. ESPECIFICACIÓN GENERAL PARA DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LÍNEAS DE TRANSMISIÓN

6.1	Disposiciones generales	245
6.1.1	Objetivo de las especificaciones	245
6.1.2	Materiales y equipos	245
6.1.3	Sistema de medidas	246
6.1.4	Servidumbres	246
6.1.5	Impacto ambiental	246
6.1.6	Definiciones	246
6.2	Especificaciones de diseño líneas de transmisión	247
6.2.1	Plano general del trazo	247
6.2.2	Trazo de la línea	247
6.2.2.1	Tramos rectos	247
6.2.2.2	Alineación de postes	248
6.2.2.3	Cruce de vías	248
6.2.2.4	Evitar riesgos de colisión con las estructuras	248
6.2.2.5	Paso sobre vivienda existente	248
6.2.2.6	Interferencias eléctricas	249
6.2.2.7	Accesos a inmuebles	249
6.2.2.8	Señalización de líneas	249
6.2.2.9	La selección de conductores	250
6.2.3	Relaciones entre líneas	250

6.2.4	Accesibilidad a líneas aéreas	250
6.2.5	Equipo eléctrico conectado a la línea	251
6.2.5.1	Indicación de posición de operación	251
6.2.5.2	Fijación de operación	251
6.2.5.3	Derivaciones	251
6.2.5.4	Cargas o generadores conectados a una línea de transmisión	251
6.2.6	Voltajes nominales	252
6.2.6.1	Voltajes nominales normales	252
6.2.7	Coordinación de aislamiento	252
6.2.7.1	Precipitación pluvial	253
6.2.8	Niveles de aislamiento	255
6.2.9	Aisladores por fase	256
6.2.10	Estructuras	258
6.2.11	Cables y herrajes	259
6.2.11.1	Cables	259
6.2.11.2	Herrajes	259
6.2.12	Conductores	259
6.2.13	Regulación de voltajes	263
6.2.13.1	Límite de voltajes permisibles	262
6.2.13.2	Perdidas de potencia y energía y factor de potencia	263
6.2.14	Datos meteorológicos	264
6.2.14.1	Temperatura de las regiones de la trayectoria	264
6.2.14.2	Velocidades regionales del viento, conforme al documento de referencia	264
6.2.14.3	Nivel isoceraunico	264
6.2.15	Planos de planta y perfil topográficos	264
6.2.16	Limitaciones ambientales	265
6.2.17	Desarrollo del diseño electromecánico	265

6.2.18	Localización de estructuras	265
6.2.18.1	Limitaciones para el cálculo de los parámetros de diseño electromecánico	265
6.2.19	Clases de construcción en líneas aéreas	266
6.2.19.1	Las estructuras	267
6.2.19.2	Las cimentaciones	267
6.2.19.3	Pruebas	268
6.2.19.4	Retenidas	268
6.2.19.5	Herrajes	269
6.2.19.6	Factores de sobrecarga	269
6.2.20	Distancias mínimas de seguridad	269
6.2.20.1	Generalidades	270
6.2.20.1.1	Aplicación	270
6.2.20.1.2	Medición de distancias y espaciamentos	270
6.2.20.1.3	Cables de suministro	271
6.2.21	Distancias de seguridad verticales de conductores sobre el nivel del suelo, carreteras, vías férreas y superficies con agua	271
6.2.21.1	Aplicación	271
6.2.21.2	Distancias adicionales para conductores	272
6.2.22	Distancias de seguridad entre conductores y cables soportados en la misma estructura	273
6.2.22.1	Aplicación	273
6.2.22.2	Distancia horizontal entre conductores y cables de línea	273
6.2.22.2.1	En soportes fijos	274
6.2.22.2.1.1	Distancia horizontal mínima	274
6.2.22.2.1.2	Distancia de acuerdo a la flecha	274
6.2.22.3	Distancia vertical entre conductores de línea	275

6.2.22.3.1	Distancia de acuerdo a la flecha	276
6.2.22.3.2	Excepción	276
6.2.22.4	Distancias de las estructuras de soporte a otros objetos	277
6.2.22.4.1	Aplicación	277
6.2.22.4.2	A calles, caminos y carreteras	277
6.2.22.4.2.1	Distancia horizontal de estructuras a orillas de calles o carreteras	278
6.2.22.4.2.2	Distancia horizontal de estructuras a esquinas de calle	278
6.2.23	Cargas mecánicas en líneas aéreas	278
6.2.23.1	Generalidades	278
6.2.23.2	Zonas de cargas mecánicas	279
6.2.23.3	Presión del viento	280
6.2.23.4	Cargas en los cables	281
6.2.23.5	Cargas en las estructuras y soportes	281
6.2.23.5.1	Carga vertical	282
6.2.23.5.2	Carga transversal	282
6.2.23.5.3	Carga longitudinal	283
6.2.23.5.4	Aplicación simultanea de cargas	283
6.2.23.5.5	Factores de sobrecarga	284
6.2.24	Derechos de vía	286
6.2.25	Localización de estructuras en los planos de perfil topográfico	286
6.2.26	Determinación de patas de extensión en los perfiles en cruz	286
6.2.27	Amortiguadores	287
6.2.27.1	Líneas con un conductor por fase	287
6.2.27.2	Líneas de más de un conductor por fase	287

6.2.28	Separadores	288
6.2.29	No se acepta separadores rígidos	288
6.2.30	Señalización especial	289
6.2.31	Placas de señalización	289
6.2.32	Señalización de líneas de transmisión para tráfico aéreo y navegación	290
6.2.33	Consideraciones adicionales	290
6.2.34	Restricciones del diseño electromecánico	290
6.2.35	Planos de planta, perfil y proyecto de localización de estructuras	294
6.2.36	Perfiles en cruz y determinación de patas de extensión de torres	295
6.2.37	Resumen de materiales de instalación permanente	295
6.2.38	Información digitalizada	295
6.2.39	Planos	295
6.2.40	Cálculo y dibujo de cruzamientos	295
6.2.41	Planos de conjuntos de herrajes	296
6.2.42	Cálculo de flechas y tensiones	296
6.2.43	Medición de resistividad y resistencia del terreno	296
6.2.44	Memoria de cálculo del parámetro de diseño	296
6.2.45	Plano de arreglo de transposiciones	296
6.2.46	Revisión del plano electromecánico	297
6.2.47	Formatos del diseño electromecánico	297
6.2.48	Perfiles en cruz	297
6.2.49	Hojas de distribución	298
6.2.50	Plano para cruzamientos, para trámites ante dgc.	298
6.2.51	Planos de planta, perfil y proyecto	298
6.2.52	Desarrollo del proyecto civil	298

6.2.53	Estudios geotécnicos y pruebas de extracción de anclas	298
6.2.54	Diseño de cimentaciones	299
6.2.55	Diseño de estructuras	299
6.3	Especificaciones de construcción de líneas de transmisión	299
6.3.1	Generalidades	299
6.3.2	Campo de aplicación	299
6.3.3	Normas de calidad	300
6.3.4	Definiciones	300
6.3.4.1	Residencia de supervisión	301
6.3.4.2	Oferente	301
6.3.4.3	Contratista	301
6.3.4.4	Kilometro-línea	302
6.3.4.5	Suministro	302
6.3.5	Obligaciones	302
6.3.5.1	En la preparación de la oferta	302
6.3.6	En la ejecución de los trabajos	304
6.3.7	Trabajos preliminares al inicio de la construcción	307
6.3.7.1	Levantamiento topográfico y localización de estructuras	307
6.3.7.1.1	Descripción	307
6.3.7.1.2	Ejecución	308
6.3.7.1.3	Tolerancias	308
6.3.7.1.4	Medición	308
6.3.7.1.5	Ítems incluidos en el precio unitario	309
6.3.8	Apertura de brecha	309
6.3.8.1	Descripción	309
6.3.8.2	Disposiciones	310
6.3.8.3	Ejecución	310

6.3.8.4	Tolerancias	312
6.3.8.5	Ítems incluidos en el precio unitario	312
6.3.9	Caminos de acceso	313
6.3.9.1	Descripción	313
6.3.9.2	Ejecución	313
6.3.9.3	Medición	314
6.3.9.4	Ítems incluidos en el precio unitario	315
6.3.10	Cimentaciones	315
6.3.11	Trazo de la ubicación de cimentaciones	316
6.3.12	Excavación	317
6.3.12.1	Descripción	317
6.3.12.2	Tolerancias	319
6.3.13	Acero de refuerzo para concreto	320
6.3.14	Concreto en cimentaciones	320
6.3.14.1	Descripción	320
6.3.14.2	Tolerancias	321
6.3.15	Rellenado y compactado	321
6.3.15.1	Descripción	322
6.3.15.2	Ejecución	323
6.3.15.3	Medición	323
6.3.16	Sistema de tierras	323
6.3.16.1	Descripción	323
6.3.16.2	Ejecución	323
6.3.16.2.1	Puesta a tierra de circuitos y estructuras	324
6.3.16.2.1.1	Tierras	324
6.3.16.2.1.2	Resistividad de la tierra	324
6.3.16.2.1.3	Conductor neutral	325
6.3.16.2.1.4	Partes no portadoras de corriente	326
6.3.16.3	Medición	327

6.3.17	Montaje de estructuras	327
6.3.17.1	Armado de estructuras	327
6.3.17.1.1	Descripción	328
6.3.17.1.2	Ejecución	328
6.3.17.2	Tipo de estructuras	329
6.3.17.2.1	Clasificación	329
6.3.17.2.1.1	Suspensión	330
6.3.17.2.1.2	Ángulo	330
6.3.17.2.1.3	Anclaje	330
6.3.17.2.1.4	Remate	330
6.3.17.2.1.5	Retenidas	330
6.3.17.3	Numeración y aviso de peligro	331
6.3.17.4	Protección de partes empotradas	332
6.3.17.5	Tolerancias	332
6.3.17.5.1	Para estructuras autosoportadas	332
6.3.17.6	Ítems incluidos en el precio unitario	333
6.3.17.7	Medición	333
6.3.18	Vestido de estructuras	333
6.3.18.1	Descripción	334
6.3.18.2	Ejecución	334
6.3.18.3	Ítems incluidos en el precio unitario	335
6.3.19	Instalación de cables	335
6.3.19.1	Tendido y tensionado de cable de guarda	335
6.3.19.1.1	Descripción	335
6.3.19.2	Empalmes y conexiones	337
6.3.19.3	Tolerancias	338
6.3.19.4	Medición	338
6.3.19.5	Cargos incluidos en el precio unitario integrado	339

6.3.19.6	Tendido y tensionado de cable de guarda con fibras ópticas (CGFO)	339
6.3.19.7	Tendido y tensionado de cable conductor	344
6.3.19.7.1	Descripción	344
6.3.19.7.2	Ejecución	345
6.3.19.7.3	Tolerancias	348
6.3.19.7.4	Medición	348
6.3.19.7.5	Cargos incluidos en el precio unitario integrado	349
6.3.19.8	Herrajes	349
6.3.19.8.1	Cables de tierra	350
6.3.19.8.2	Herrajes	350

7. DESCRIPCIÓN DE LOS COSTOS DEL PROYECTO

7.1	Aporte económico de la realización del proyecto	363
7.2	Costos de actividades complementarias	364
7.3	Costo de supervisión	364
7.4	Costo total del proyecto	365

CONCLUSIONES	367
---------------------	-----

RECOMENDACIONES	369
------------------------	-----

BIBLIOGRAFÍA	371
---------------------	-----

APÉNDICE A. DEFINICIONES Y ACRONIMOS	375
---------------------------------------------	-----

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Trampa de onda o bobina de bloqueo	23
2.	Aspecto de la posición del cable de guarda en una subestación eléctrica	30
3.	Cadena de aisladores de suspensión con antenas o cuernos de protección	34
4.	Descargador de sobretensión	39
5.	Aislador de suspensión cementada, tipo de charnela	44
6.	Aislador de suspensión tipo de bola o rotula	44
7.	Aislador de tensión o amarre deteriorado	46
8.	Conductor múltiple	50
9.	Conductores aéreo de tierra (cables de tierra)	51
10.	Hormigón armado	62
11.	Fundaciones de las estructuras	64
12.	Torres especiales con transposición	65
13.	Croquis de torre	66
14.	Croquis de catenaria	67
15.	Croquis de caminos interiores	105
16.	Estructuras típicas tipo poste I	351
17.	Estructuras típicas tipo poste II	352
18.	Estructuras típicas tipo poste III	353
19.	Estructuras típicas tipo poste IV	354
20.	Estructuras típicas tipo poste V	355
21.	Estructuras típicas H tipo I	356
22.	Estructuras típicas H tipo II	357

23.	Estructuras típicas H tipo III	358
24.	Estructuras típicas H tipo IV	359
25.	Torres tipo S1	360
26.	Torres tipo A1 y R1	361

TABLAS

I.	Criterios para cableado de subestaciones	92
II.	Normas de calidad de los materiales de construcción	133
III.	Proporcionamiento tentativo para mortero	145
IV.	Sistema de drenaje	165
V.	Especificaciones de aceite aislante nuevo (no inhibido)	212
VI.	Tensiones nominales	252
VII.	Tensiones mínimas de flameo en seco, de aisladores	254
VIII.	Niveles máximos de aislamiento al impulso BIL	255
IX.	Cantidad de aisladores por fase	256
X.	Factores de corrección por altura	257
XI.	Capacidad máxima de conducción de corriente en conductores desnudos de cobre, ACSR y aluminio	261
XII.	Limite de voltajes permisibles en los sistemas de transmisión energía eléctrica	262
XIII.	Distancias mínimas de seguridad verticales de conductores sobre el piso (fase-tierra)	272
XIV.	Distancia horizontal mínima de separación entre conductores del mismo o de diferente circuito en sus soportes fijos	275

XV.	Distancia vertical hacia otro conductor	276
XVI.	Distancia horizontal hacia otro conductor del mismo voltaje	277
XVII.	Presiones de viento mínimos para las diferentes zonas de carga mecánica	281
XVIII.	Factores de sobrecarga para estructuras, cruceros, retenidas, cimientos y anclas para ser utilizadas con los factores de resistencia de la tabla XIX	284
XIX.	Factores de resistencia para estructuras, cruceros, retenidas, cimientos y anclas para ser utilizadas con los factores de sobrecarga de la tabla XVIII	285
XX.	Derechos de vía	286

LISTA DE SÍMBOLOS

Kw	Kilovatios
Km	Kilometro
MW	Megavatios
p.u.	Por unidad
A	Amperios
°	grados angulares
°C	Grados Celsius
“	Pulgadas
‘	Pies
m	metros
mm	Milímetros
cm	Centímetros
Ø	Diámetro
Kg	Kilogramo
MVA	Mega Volt-Amperio
VA	Volts-amperes
V	voltios
Vac	voltaje a corriente alterna
Vdc	Voltaje a corriente directa
C.A.	Corriente alterna
C.D.	Corriente directa
KV	Kilo-voltios
m.s.n.m.	metros sobre el nivel del mar
TMN	Temperatura media normal
Hz	Herz

MHz	Kilo-Herz
ms	milisegundos
μ s	microsegundo
s	segundo
Ω	Ohmios
M Ω	Mega-ohmios
ρ	Resistividad
C	Capacitancia
H	devanado primario
X	devanado secundario
T	devanado terciario
mmHg	Presión en mm de mercurio
ppm	partículas por millón

RESUMEN

Las subestaciones eléctricas y líneas de transmisión son los elementos más importantes dentro del transporte de energía eléctrica, dentro de un sistema de potencia. Por ello es importante establecer un normativo, con el cual podremos contar para el diseño de subestaciones eléctricas y líneas de transmisión, para seguir brindando un excelente servicio, de alta calidad y que cumpla con los estándares nacionales e internacionales de energía eléctrica.

Estas Especificaciones tienen por objetivo establecer las disposiciones, criterios y requerimientos mínimos para el diseño y construcción de las subestaciones eléctricas y líneas de transmisión de la Empresa de Transporte y Control de Energía Eléctrica de INDE (ETCEE-INDE). Lo anterior, implica que el constructor es responsable de corregir y adaptar adecuadamente los defectos que se encuentren en la planificación, diseño, construcción prevista y equipamiento que no estén de acuerdo con los conceptos de esta especificación, garantizando siempre la funcionalidad de la instalación, la seguridad de las personas y bienes, así como la calidad del servicio.

Estas especificaciones son aplicables al diseño y construcción de subestaciones de potencia y líneas de transmisión con tensiones nominales máximas de 69, 138, 230 y 400 kV para obras nuevas o ampliaciones.

OBJETIVOS

- **General**

- Proporcionar a la Empresa de Transporte y Control de Energía Eléctrica del INDE normas técnicas de diseño de subestaciones eléctricas y líneas de transmisión.

- **Específicos**

1. Contar con una metodología específica y adecuada para el diseño de subestaciones eléctricas y líneas de transmisión, para mantener en óptimas condiciones la red, así como de su eficiencia y calidad en el transporte de energía eléctrica.
2. Tener al alcance todas las herramientas técnicas necesarias para el diseño de subestaciones eléctricas y líneas de transmisión, con énfasis en la seguridad del personal.
3. Que la ETCEE-INDE cuente con una base actualizada de las condiciones físicas y topográficas de las diferentes regiones donde se ubican las subestaciones eléctricas y líneas de transmisión de la república de Guatemala.

INTRODUCCIÓN

La Empresa de Transporte y Control de Energía Eléctrica es una empresa con personería Jurídica propiedad del INDE que se encarga del transporte y control de la energía eléctrica a nivel nacional y regional. Suministrando un servicio eficiente, de calidad y utilizando tecnología de vanguardia, que permita como Empresa del estado, el bienestar social, la protección del Ambiente y la superación de su recurso humano.

Su función es administrar, operar y mantener la infraestructura eléctrica de transporte, en los términos que estipula la Ley General de Electricidad, así como planificar, diseñar, construir y supervisar las obras de infraestructura necesarias para el desarrollo de nuevos proyectos de inversión.

Tiene como objetivo cumplir con las políticas en materia de transporte de energía eléctrica emanadas de las leyes de la materia y de las Autoridades Superiores de la Institución. Operar y mantener en óptimas condiciones la red de líneas de transmisión y subestaciones de transformación de alto voltaje. Planificar y ejecutar el mejoramiento y la expansión del Sistema de Transporte, según las políticas institucionales.

La elaboración de Normas Técnicas de Diseño de Subestaciones Eléctricas y Líneas de Transmisión para la red de la Empresa de Transporte y Control de Energía Eléctrica del INDE pretende darle solución a la falta de normativas en la ETCEE-INDE.

No obstante, dicha elaboración involucra varios puntos a considerar, siendo uno de ellos la recopilación de la documentación utilizada para el diseño de las Subestaciones Eléctricas y Líneas de Transmisión de la ETCEE-INDE, así como el equipo disponible para su construcción y una correcta recopilación de información de las condiciones físicas en las que se encuentran los actuales equipos, así como de normativas y recomendaciones internacionales, tanto para el diseño como para la seguridad del personal que esta requiera durante el diseño.

Debido a la naturaleza del proyecto, todo lo que se dispone a normalizar por medio de este manual de Normas Técnicas de Diseño, se prevé que sea implementado a nivel nacional por la ETCEE-INDE.

1. EQUIPO ELÉCTRICO UTILIZADO EN SUBESTACIONES ELÉCTRICAS

A continuación se detalla el equipo eléctrico requerido dentro de una Subestación Eléctrica, por parte de INDE-ETCEE.

1.1 Banco de tierra

Consiste en un transformador cuya función principal es conectar a tierra el neutro de un sistema y proporcionar un circuito de retorno a la corriente de cortocircuito de fase a tierra.

Si en un sistema de potencia con neutro flotante, como es el caso de un circuito alimentado desde la delta de un transformador, ocurre un cortocircuito de fase a tierra, no hay camino de regreso para la corriente de cortocircuito. El sistema podrá seguir en operación pero con las otras dos fases al elevar su tensión a un valor mayor a 1.73 p.u. de 3 veces el valor de la tensión nominal entre fases; lo cual ocasiona una sobretensión permanente a la frecuencia del sistema que afecta tanto al transformador como al propio sistema. Para evitar lo anterior, se debe considerar un camino extra para la corriente de regreso de tierra. Y este se obtiene al conectar un “banco de tierra”.

1.1.1 Tipos de bancos de tierra

- **Transformador de tierra:** con conexión estrella y neutro a tierra en el lado de alta tensión, y delta en baja tensión. Puede ser un transformador de 3 fases, que para un sistema aislado de tierra en 85 kv, puede tener una relación de 85/23 kv, conexión estrella-delta, y cuyo devanado de 23 kv puede utilizarse para alimentar los servicios de estación de la instalación.
- **Transformador con conexión tipo zig-zag:** este es un transformador especialmente diseñado para banco de tierra; su impedancia en secuencia positiva es muy alta, mientras que su impedancia en secuencia cero es baja; el neutro que sale del tanque a través de una boquilla, se conecta sólidamente a tierra. El neutro debe poder soportar, durante un minuto, una corriente de 1800 A.

En ambos casos, las terminales del lado de la estrella o de la conexión zig-zag del banco de tierra de que se trate, se conectan a la red alimentada por la delta, mientras que el neutro se conecta a la red de tierra de la subestación, instalándose en este un transformador de corriente que se energiza las protecciones automáticas, cuando se producen fallas a tierra en el sistema.

1.2 Transformadores de potencial (PT's)

Son aparatos en que la tensión secundaria, dentro de las condiciones normales de operación, es prácticamente proporcional a la tensión primaria, aunque ligeramente desfasada. Desarrollan dos funciones: transformar la tensión y aislar los instrumentos de protección y medición conectados a los circuitos de alta tensión.

El primario se conecta en paralelo con el circuito por controlar y el secundario se conecta en paralelo con las bobinas de tensión de los diferentes aparatos de medición y de protección que se requieren energizar.

1.2.1 Parámetros de los PT's

- **Tensiones.** Las tensiones primaria y secundaria de un transformador de potencial deben estar normalizados de acuerdo con cualquiera de las normas nacionales o internacionales en uso.
- **Tensión primaria.** Se debe seleccionar el valor normalizado inmediato superior al valor calculado de la tensión nominal de la instalación.
- **Tensión secundaria.** Los valores normalizados, según ANSI son de 120 volts para aparatos de hasta 25 kv y de 115 volts para aquellos con valores superiores a 34.5 kv.
- **Potencia nominal.** Es la potencia secundaria expresada en volt-amperes, que se desarrolla bajo la tensión nominal y que se indica en la placa de características del aparato.
- **Carga.** Es la impedancia que se conecta a las terminales del devanado secundario.
- **Clase de precisión para medición.** La clase de precisión se designa por el error máximo admisible en por ciento, que el transformador de potencial puede introducir en la medición de potencia operando con su tensión nominal primaria y la frecuencia nominal.
- La precisión de un transformador se debe garantizar para valores entre 90 y 110% de la tensión nominal.

En las subestaciones se acostumbra especificar los transformadores de potencial con la siguiente nomenclatura, de acuerdo con las normas ANSI: 0.3W, o 0.3X o 0.3Y, 1.2Z.

Donde el primer factor 0.3, 0.6 ó 1.2 es el valor de la precisión y debe ir asociado con una o varias cargas nominales de precisión indicadas por las letras W, X, Y o Z que indican las potencias nominales en VA. Además se acostumbra especificar los transformadores para que resistan durante un segundo los esfuerzos térmicos y mecánicos derivados de un cortocircuito en las terminales del secundario, a voltaje pleno sostenido en las terminales del primario.

1.3 Transformador de corriente (CT's)

Son aparatos en que la corriente secundaria, dentro de las condiciones normales de operación, es prácticamente proporcional a la corriente primaria, aunque ligeramente desfasada. Desarrollan dos tipos de función: transformar la corriente y aislar los instrumentos de protección y medición conectados a los circuitos de alta tensión.

El primario del transformador se conecta en serie con el circuito por controla y el secundario se conecta en serie con las bobinas de corriente de los aparatos de medición y de protección que requieran ser energizados.

Un transformador de corriente puede tener uno o varios secundarios, embobinados a su vez sobre uno o varios circuitos magnéticos. Si el aparato tiene varios circuitos magnéticos, se comporta como si fueran varios transformadores diferentes. Un circuito se puede utilizar para mediciones que requieren mayor precisión, y los demás se pueden utilizar para protección.

1.3.1 Tipos de transformadores de corriente

- **Transformadores de medición.** Los transformadores de medición cuya función es medir, requieren reproducir fielmente la magnitud y el ángulo de fase de la corriente. Su precisión debe garantizarse desde una pequeña fracción de corriente nominal del orden del 10 %, hasta un exceso de corriente del orden del 20%, sobre el valor nominal.
- **Transformadores de protección.** Los transformadores cuya función es proteger un circuito, requieren conservar su fidelidad hasta un valor de veinte veces la magnitud de la corriente nominal.
- En el caso de los relevadores de sobrecorrientes, solo importa la relación de transformación, pero en otro tipo de relevadores, como pueden ser los de impedancia, se requiere además de la relación de transformación, mantener el error del ángulo de fase dentro de valores predeterminados.
- **Transformadores mixtos.** En este caso, los transformadores se diseñan para una combinación de los dos casos anteriores, un circuito con el núcleo de alta precisión para los circuitos de medición y uno o dos circuitos mas, con sus núcleos adecuados para los circuitos de precisión.

1.3.2 Parámetros de los CT's

- **Corriente.** Las corrientes primaria y secundaria de un transformador de corriente deben estar normalizadas de acuerdo con cualquiera de las normas nacionales o internacionales en uso.
- **Corriente primaria.** Para esta magnitud se selecciona el valor normalizado inmediato superior de la corriente calculada para la instalación. Para subestaciones de potencia, los valores normalizados son: 300, 400, 600, 800, 1200, 1500, 2000 y 4000 amperes.

- **Carga secundaria.** Es el valor de la impedancia en ohms, reflejada en el secundario de los transformadores de corriente, y que esta constituida por la suma de las impedancias del conjunto de todos los medidores, relevadores, cables y conexiones conectados en serie con el secundario y que corresponde a la llamada potencia de precisión a la corriente nominal secundaria.
- **Límite térmico.** Un transformador debe poder soportar en forma permanente hasta un 20% sobre el valor nominal de corriente, sin exceder el nivel de temperatura especificado. Para este límite las normas permiten una densidad de corriente de 2 A/mm², en forma continua.
- **Límite de cortocircuito.** Es la corriente de cortocircuito máxima que soporta un transformador durante un tiempo que varia entre 1 y 5 segundos. Esta corriente puede llegar a significar una fuerza del orden de varias toneladas. Para este límite las normas permiten una densidad de corriente de 143 A/mm² durante un segundo de duración del cortocircuito.
- **Tensión secundaria nominal.** Es la tensión que se levanta en las terminales secundarias del transformador al alimentar este una carga de veinte veces la corriente secundaria nominal.
- **Potencia nominal.** Es la potencia aparente secundaria que a veces se expresa en volt-amperes (VA) y a veces en ohms, bajo una corriente nominal determinada y que se indica en la placa de características del aparato. Para escoger la potencia nominal del transformador, se suman las potencias de las bobinas de todos los aparatos conectados en serie con el devanado secundario, más las perdidas por efecto joule que se producen en los cables de alimentación, y se selecciona el valor nominal inmediato superior a la cifra obtenida.

- **Clase de precisión para medición.** La clase de precisión se designa por el error máximo admisible, en por ciento, que el transformador puede introducir en la medición, operando con su corriente nominal primaria y la frecuencia nominal.
- **Corriente de límite térmico.** Es el mayor valor eficaz de la corriente primaria que el transformador puede soportar por efecto joule, durante un segundo, sin sufrir deterioro y con el circuito secundario en cortocircuito. Se expresa en kiloamperes eficaces o en n veces la corriente nominal primaria.
- **La elevación de temperatura** admisible en el aparato es de 150°C para aislamiento de clase A. Dicha elevación se obtiene con una densidad de corriente de 143 A/mm² aplicada durante un segundo.
- **Corriente de límite dinámico.** Es el valor de pico de la primera amplitud de corriente que un transformador puede soportar por efecto mecánico sin sufrir deterioro, con su circuito secundario en cortocircuito. Se expresa en kiloamperes de pico.

En una subestación se acostumbra especificar los transformadores de corriente con la siguiente nomenclatura: C.200 y 0.3B01 a 0.3B2.0. En este caso 0.3 es la precisión, 200 es la tensión que se levanta en la terminales secundarias, para un error menor del 10%, y 0.1 a 2.0 son los límites de variación de las cargas acostumbradas.

1.4 Dispositivo de potencial (capacitivo)

Son elementos equivalentes a los transformadores de potencial, pero en lugar de ser tipo inductivo son de tipo capacitivo; se utilizan para alimentar con tensión los aparatos de medición y protección de un sistema de alta tensión.

Se definen como un transformador de potencial, compuesto de un divisor capacitivo y una unidad electromagnética, interconectados en tal forma que la tensión secundaria de la unidad electromagnética V_b es directamente proporcional y esta en fase con la tensión primaria V_1 aplicada.

El transformador capacitivo se logra ya sea usando capacitores independientes, o bien en la mayoría de los casos, utilizando las capacitancias instaladas en las boquillas de tipo capacitivo. El primer caso se obtiene aprovechando los capacitores de una protección de onda portadora, y el segundo caso se obtiene a partir de las boquillas de un interruptor de gran volumen de aceite, o de las de un transformador de potencia.

1.4.1 Parámetros de los transformadores capacitivos

- **Carga.** Se expresa en volt-amperes.
- **Capacidad térmica.** Se da en volt-amperes y debe ser, cuando menos, igual a la carga máxima nominal de precisión especificada.
- **Cortocircuito.** Los dispositivos de potencial deben poder soportar en las terminales secundarias, durante un segundo, los esfuerzos térmicos y dinámicos debidos a un cortocircuito, al mismo tiempo se mantiene en las terminales primarias su tensión nominal, sin que la elevación de temperatura exceda de 250°C.
- **La clase de precisión,** para el servicio de medición, es de 0.3, 0.6 y 1.2.

1.5 Bancos de capacitores

En las instalaciones industriales y de potencia, los capacitores se instalan en grupos llamados bancos.

Los bancos de capacitores de alta tensión generalmente se conectan en estrella con neutro flotante y rara vez con neutro conectado a tierra. El que se utilice uno u otro tipo de neutro, depende de las consideraciones siguientes:

- **Conexión del sistema a tierra.** En sistemas eléctricos con neutro aislado, o conectado a tierra a través de una impedancia, los bancos de capacitores deben conectarse con el neutro flotante. En esta forma se evita la circulación, a través del banco de capacitores, de armónicas de corriente que producen magnitudes de corriente superiores al valor nominal y que pueden dañar los capacitores. La principal ventaja de los bancos de capacitores con el neutro flotante es permitir el uso de fusibles de baja capacidad de ruptura.
- **Dispositivos de conexión y desconexión.** Las tensiones de recuperación que se presentan entre los contactos de los dispositivos de apertura son mayores cuando se deja el neutro flotante, que cuando se conecta el neutro a tierra.
- **Armónica.** La conexión del neutro a tierra es un paso para la tercera armónica y sus múltiplos, que tienen la propiedad de causar interferencias en las líneas telefónicas adyacentes.

1.6 Capacitores

Son unos dispositivos eléctricos formados por dos láminas conductoras, separadas por una lámina dieléctrica y que al aplicar una diferencia de tensión almacenan carga eléctrica.

Los capacitores de alta tensión están sumergidos, por lo general, en líquidos dieléctricos y todo el conjunto esta dentro de un tanque pequeño, herméticamente cerrado.

Sus dos terminales salen al exterior a través de dos boquillas de porcelana, cuyo tamaño dependerá del nivel de tensión del sistema al que se conectaran.

Una de las aplicaciones mas importantes del capacitor es la de corregir el factor de potencia en líneas de distribución y en instalaciones industriales, aumentando la capacidad de transmisión de las líneas, el aprovechamiento de la capacidad de los transformadores y la regulación del voltaje en los lugares de consumo.

En la instalación de los bancos de capacitores de alta tensión hay que tomar en cuenta ciertas consideraciones:

- **Ventilación.** Se debe cuidar que los capacitores estén bien ventilados para su temperatura de operación no exceda a la de diseño. La operación a unos 10°C arriba de la temperatura nominal disminuye la vida media del capacitor en más de un 70% debido a que los dieléctricos son muy sensibles, y en forma marcadamente exponencial, a las temperaturas de operación.
- **Frecuencia.** Los capacitores deben operar a la frecuencia nominal; si la frecuencia de alimentación baja, se reduce la potencia reactiva suministrada.
- **Tensión.** Si los capacitores se alimentan con una tensión inferior al valor nominal, la potencia reactiva suministrada se reduce proporcionalmente al cuadrado de la relación de las tensiones. Los capacitores de alta tensión pueden operar a tensiones de hasta 110% del valor nominal; sin embargo, conviene evitar que esto suceda, pues la operación a una sobretensión permanente de un 10%, disminuye la vida media de un capacitor en un 50%.

1.7 Pararrayos

Son unos dispositivos eléctricos formados por una serie de elementos resistivos no lineales y explosores que limitan la amplitud de las sobretensiones originadas por descargas atmosféricas, operación de interruptores o desbalanceo de sistemas.

1.7.1 Características principales de los pararrayos

- Comportarse como un aislador mientras la tensión aplicada no exceda de cierto valor predeterminado.
- Convertirse en conductor al alcanzar la tensión ese valor.
- Conducir a tierra la onda de corriente producida por la onda de sobretensión.

1.7.2 Funciones de los pararrayos

- Descargar las sobretensiones cuando su magnitud llega al valor de la tensión disruptiva de diseño.
- Conducir a tierra las corrientes de descarga producidas por las sobretensiones.
- Debe desaparecer la corriente de descarga al desaparecer las sobretensiones.
- No deben operar con sobretensiones temporales, de baja frecuencia.
- La tensión residual debe ser menor que la tensión que resisten los aparatos que protegen.

1.7.3 Sobretensiones en pararrayos

- **Sobretensiones de impulso por rayo.** Son generadas por las descargas eléctricas en la atmósfera (rayos); tienen una duración del orden de decenas de microsegundos.
- **Sobretensiones de impulso por maniobra.** Son originadas por la operación de los interruptores. Producen ondas con frecuencias del orden de 10 KHz y se amortiguan rápidamente. Tienen una duración del orden de milisegundos.
- **Sobretensiones de baja frecuencia (60 Hz).** Se originan durante los rechazos de carga en un sistema, por desequilibrio en una red, o corto circuito de fase a tierra. Tienen una duración del orden de algunos ciclos.

1.7.4 Tipos de pararrayos

A continuación se detallan los tipos de pararrayos:

1.7.4.1 Cuernos de arqueo

Es el caso de los pararrayos mas primitivos y pueden estar formados por un solo explosor, caso mas sencillo, o varios explosores en serie, conectados por un lado al circuito vivo que se va a proteger, y por el otro lado, a la red de tierra.

1.7.4.2 Pararrayos autovalvulares

Este grupo de pararrayos, llamados también de tipo convencional, está formado por una serie de resistencias no lineales de carburo de silicio, prácticamente sin inductancia, presentadas como pequeños cilindros de material prensado.

Las resistencias evitan que, una vez iniciada la descarga en los explosores, se produzca una corriente permanente. A su vez permiten disminuir las distancias entre los electrodos, proporcionando mayor sensibilidad al pararrayos, aun en el caso de sobretensiones reducidas.

Su funcionamiento se da cuando se origina una sobretensión, se produce el arqueo de los entrehierros y la corriente resultante es limitada por las resistencias a pequeños valores, hasta que en una de las pasadas por cero de la onda de corriente, los explosores interrumpen definitivamente la corriente.

1.7.4.3 Pararrayos de óxido metálicos

Este tipo está basado también en que la curva de tensión-corriente de las resistencias es menos lineal que la del caso de carburo de silicio; conduce cuando la tensión es superior a la tensión máxima de referencia y cierra la conducción, prácticamente a un valor cero, cuando la tensión regresa a su valor normal.

Los pararrayos están constituidos por varias piezas de resistencia no lineal, de óxido de zinc, apiladas dentro de una columna hueca de porcelana, sin entrehierros.

En la parte superior de la porcelana tienen una placa relevadora de presión que, en caso de una sobrepresión interna, se rompe y permite escapar los gases hacia arriba sin producir daños laterales.

1.7.5 Parámetros de los pararrayos

- **Tensión nominal.** Se define como la tensión máxima continua a valor eficaz y a frecuencia industrial, la que soporta un pararrayos entre sus terminales, y que permite la terminación de la ionización después que han estado descargando energía en los explosores. Se llama tensión máxima continua de operación al valor anterior multiplicado por 3 y se define como la tensión máxima aplicable al sistema.
- **Capacidad de sobretensión.** Cuando a un pararrayo de zinc se le aplica una tensión que excede continuamente el valor nominal y durante un tiempo largo, se incrementan las pérdidas en watts de las resistencias y aumentan su temperatura. La capacidad de sobretensión depende de la marca y del diseño del pararrayos, y además del tiempo de duración de la sobretensión.
- **Corriente de descarga.** Se define así el valor pico de un impulso de corriente normalizado con una onda de 8 x 20 microsegundos que se utiliza para la clasificación de los pararrayos. Teóricamente los pararrayos deben absorber completamente la energía de impulso de un rayo, sin corriente posterior de descarga.
- **Descarga máxima.** Designa la onda de corriente de breve duración y de máxima amplitud que el pararrayo puede dejar pasar cierto número de veces a intervalos de tiempo determinados, sin que produzcan fallas.
- **Descarga nominal.** Se define como la amplitud de la corriente de choque que al circular por el pararrayo produce una tensión residual que no sobrepasa el valor máximo fijado por la coordinación del aislamiento.

1.8 Interruptores

El interruptor es un dispositivo destinado al cierre y apertura de la continuidad de un circuito eléctrico bajo carga, en condiciones normales, así como, bajo condiciones de cortocircuito.

Sirve para insertar o retirar de cualquier circuito energizado máquinas, aparatos, líneas aéreas o cables.

El interruptor es, junto con el transformador, el dispositivo más importante de una subestación. Su comportamiento determina el nivel de confiabilidad que se puede tener en un sistema eléctrico de potencia.

El interruptor debe ser capaz de interrumpir corrientes eléctricas de intensidades y factores de potencia diferentes, pasando desde las corrientes capacitivas de varios cientos de amperes a las inductivas de varias decenas de kiloamperes (cortocircuito).

1.8.1 Parámetros de los interruptores

- **Tensión nominal.** Es el valor eficaz de la tensión entre fases del sistema en que se instala el interruptor.
- **Tensión máxima.** Es el valor máximo de la tensión para el cual está diseñado el interruptor y representa el límite superior de la tensión, al cual debe operar, según normas.
- **Corriente nominal.** Es el valor eficaz de la corriente normal máxima que puede circular continuamente a través del interruptor sin exceder los límites recomendables de elevación de temperatura.

- **Corriente de cortocircuito inicial.** Es el valor pico de la primera semionda de corriente, comprendida en ella la componente transitoria.
- **Corriente de cortocircuito.** Es el valor eficaz de la corriente máxima de cortocircuito que pueden abrir las cámaras de extinción del arco.
- **Tensión de restablecimiento.** Es el valor eficaz de la tensión máxima de la primera semionda de la componente en alterna, que aparece entre los contactos del interruptor después de la extinción de la corriente.
- **Resistencia de contacto.** Cuando una cámara de arqueo se cierra, se produce un contacto metálico en un área muy pequeña formada por tres puntos, que es lo que en geometría determina un plano. Este contacto formado por tres o mas puntos es lo que fija el concepto de resistencia de contacto y que provoca el calentamiento del contacto, aplazar la corriente nominal a través de el.
- **Cámaras de extinción del arco.** Es la parte primordial de cualquier interruptor eléctrico, en donde al abrir los contactos se transforma en calor la energía que circula por el circuito de que se trate.

Dichas cámaras deben soportar los esfuerzos electrodinámicos de las corrientes de cortocircuito, así como los esfuerzos dieléctricos que aparecen al producirse la desconexión de bancos de reactores, capacitores y transformadores.

1.8.2 Tipos de interruptores

De acuerdo con los elementos que intervienen en la apertura del arco de las cámaras de extinción, los interruptores se pueden dividir en los siguientes grupos:

1.8.2.1 Interruptor en gran volumen de aceite

En este tipo de extinción el arco producido calienta dando lugar a una formación de gas muy intensa, que aprovechando el diseño de la cámara empuja un chorro de aceite a través del arco, provocando su alargamiento y enfriamiento hasta llegar a la extinción del mismo, al pasar la onda de corriente por cero.

Para grandes tensiones y capacidades de ruptura cada polo del interruptor va dentro de un tanque separado, aunque el accionamiento de los tres polos es simultáneo, por medio de un mando común.

En este tipo de interruptores, el mando puede ser eléctrico, con resortes o con compresora unitaria según la capacidad interruptiva del interruptor.

1.8.2.2 Interruptor en pequeño volumen de aceite

En general, se usan en tensiones y potencias medianas. Este interruptor utiliza aproximadamente un 5% del volumen de aceite del caso anterior.

Las cámaras de extinción tienen la propiedad de que el efecto de extinción aumenta a medida que la corriente que va a interrumpir crece. Por eso al extinguir las corrientes de baja intensidad, las sobretensiones generadas son pequeñas.

La potencia de apertura es limitada solo por la presión de los gases desarrollados por el arco, presión que debe ser soportada por la resistencia mecánica de la cámara de arqueo.

Para potencias interruptivas altas, el soplo de los gases sobre el arco se hace perpendicularmente al eje de los contactos, mientras que para potencias bajas, el soplo de los gases se inyecta en forma axial

1.8.2.2.1 Interruptores neumáticos

Su uso se origina ante la necesidad de eliminar el peligro de inflamación y explosión del aceite utilizado en los interruptores de los dos casos anteriores.

En este tipo de interruptores el apagado del arco se efectúa por la acción violenta de un chorro de aire que barre el aire ionizado por efecto del arco. El poder de ruptura aumenta casi proporcionalmente a la presión del aire inyectado. La presión del aire comprimido varía entre 8 y 13 kg/cm² dependiendo de la capacidad de ruptura del interruptor.

1.8.2.2.2 Interruptores en vacío

Son aparatos que, en teoría, abren en un ciclo debido a la pequeña inercia de sus contactos y a su pequeña distancia. Los contactos están dentro de botellas especiales en las que se ha hecho el vacío casi absoluto. El contacto fijo está sellado con la cámara de vacío y por el otro entra el contacto móvil, que también está sellado al otro extremo de la cámara y que, en lugar de deslizarse, se mueve junto con la contracción de un fuelle de un material que parece ser una aleación del tipo del latón.

Al abrir los contactos dentro de la cámara de vacío, no se produce ionización y, por tanto, no es necesario el soplado del arco, ya que éste se extingue prácticamente al paso por cero después del primer ciclo.

Este tipo se utiliza en instalaciones de hasta 34.5 kV dentro de tableros blindados.

1.9 Fusibles

Son dispositivos de protección eléctrica de una red que hacen las veces de un interruptor, siendo mas baratos que estos. Se emplean en aquellas partes de una instalación eléctrica en que los relevadores y los interruptores no se justifican económicamente.

Su función es la de interrumpir circuitos cuando se produce en ellos una sobretensión, y soportar la tensión transitoria de recuperación que se produce posteriormente.

Un juego de fusibles de lata tensión, en su parte fundamental, esta formado por tres polos. Cada uno de ellos, a su vez, esta formado por una base metálica semejante a las utilizadas en las cuchillas, dos columnas de aisladores que pueden ser de porcelana o de resina sintética y cuya altura fija el nivel básico de impulso a que trabaja el sistema.

Sobre los aisladores se localizan dos mordazas, dentro de las cuales entra a presión el cartucho de fusibles.

Dentro del cartucho se encuentra el elemento fusible, que normalmente esta formado por un alambre o tiras metálicas con una sección reducida, que esta calibrada de acuerdo con su capacidad de corriente.

1.9.1 Tipos de fusibles

De acuerdo con su capacidad de ruptura, lugar de instalación y costo, se pueden utilizar diferentes tipos de fusibles, entre los más conocidos se pueden indicar los siguientes:

1.9.1.1 Expulsión

Estos aprovechan la generación y expulsión de un gas a alta tensión que, al ser inyectado a través del arco producido a continuación de la fusión del elemento fusible.

De este tipo de fusibles son los de ácido bórico, sustancia que es el elemento generador de gas, y que tiene como ventaja que son recargables, utilizando para ello pastillas de ácido bórico comprimido.

1.9.1.2 Limitador de corriente

Este tipo de fusible tiene doble acción, por un lado reduce la corriente de falla debido a la característica de introducir una resistencia elevada en el circuito y por otro, debido al incremento de la resistencia pasa de un circuito de bajo factor de potencia a otro circuito de alto factor de potencia, desfasando el cero normal de la onda de corriente a un punto cercano al cero normal de la onda de tensión.

El elemento fusible, mas largo que el anterior y que se encuentra dentro de arena de sílice que centra el arco, eleva la presión a lo largo del elemento fusible y produce una elevación momentánea de la resistencia, la cual limita la corriente de cortocircuito, limitando así el tiempo de interrupción a un valor que se considera dentro del primer semiciclo de la onda de corriente.

Estos fusibles como no expulsan gases, se pueden instalar en lugares reducidos como tableros y su diseño se limita a que los picos de las sobretensiones no pasen de 2.5 veces el valor nominal, para evitar la operación continua de los pararrayos del sistema.

1.9.1.3 Vacío

En este tipo de interrupción se produce al separarse los contactos dentro de un recipiente hermético en el que se ha hecho el vacío, de tal manera que a medida que se separan los contactos, la corriente se concentra en los puntos mas salientes de la superficie del contacto y cesa cuando se evapora el ultimo puente entre los dos contactos.

La ventaja de los fusibles en vacío es que se pueden montar en lugares muy reducidos como son los tableros y, además, no hacen ruido.

1.10 Reactores

Son bobinas que se utilizan para limitar una corriente de cortocircuito y poder disminuir en esta forma la capacidad interruptiva de un interruptor y por lo tanto su costo; otra función de los reactores es la corrección del factor de potencia en líneas muy largas, cuando circulan corrientes de carga muy bajas, en este caso los reactores se conectan en derivación.

En el caso de subestaciones, los reactores se utilizan principalmente en el neutro de los bancos de transformadores, para limitar la corriente de cortocircuito a tierra. Además se utilizan también en serie con cada una de las tres fases de algún transformador, para limitar la corriente de cortocircuito trifásica.

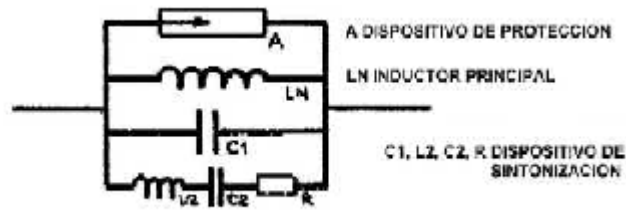
Los reactores, según su capacidad, pueden ser de tipo seco para potencias reactivas pequeñas, o del tipo sumergido en aceite para potencias elevadas, en cuyo caso tienen núcleo y necesitan estar encerrados en un tanque de lamina; sus terminales salen a través de boquillas de porcelana y necesitan a veces sistemas de eliminación del calor generado por las pérdidas internas del aparato. Estos últimos pueden llegar a semejarse a un transformador tanto por la forma como por su tamaño.

1.11 Trampa de onda o bobina de bloqueo

La bobina de bloqueo, también llamada Trampa de Onda, es un dispositivo destinado a ser instalado en serie en una línea de alta tensión. Su impedancia debe ser despreciable a la frecuencia de la red, de manera de no perturbar la transmisión de Energía, pero debe ser selectivamente elevada en cualquier banda de frecuencia utilizable para la transmisión por onda portadora.

El equipo consiste en un inductor principal, un dispositivo de protección, descargador, y un dispositivo de sintonización.

Figura 1 Trampa de onda o bobina de bloque



Fuente: Pág. Web www.ing.unlp.edu.ar

1.12 Interruptor de recierre o recloser

El interruptor de recierre o recloser es un interruptor para MT, con una potencia de corto circuito moderada, previsto para despejar fallas temporales o interrumpirlas en caso de ser fallas permanentes.

Puede realizar múltiples recierres y trabajar coordinadamente con fusibles y seccionadores.

- El Recloser es una herramienta moderna, técnicamente confiable y económica para electrificación en media tensión.
- El Recloser agrupa en un solo bloque, todo el equipamiento que habitualmente se necesita en una subestación, ocupando un espacio mínimo y a un costo reducido.

1.12.1 Equipamiento principal

El recloser completo estará constituido por el interruptor de recierre automático propiamente dicho, que interrumpe el circuito principal; un gabinete conteniendo el sistema de control electrónico con suministro autónomo de energía (sin fuente auxiliar de alimentación), que detecta las corrientes excesivas y activa el interruptor; y un cable de control que permita la conexión entre el interruptor y el gabinete de control.

1.12.1.1 Características del interruptor automático de recierre (recloser)

- **Principio de Funcionamiento:** mediante transformadores de corriente montados en los bornes del lado de la fuente, el interruptor automático de recierre será capaz de detectar corrientes de fallas mayores que un valor mínimo de disparo previamente programado para una o más fases y mediante señales emitidas por el sistema de control electrónico activará las funciones de disparo y cierre del interruptor. La apertura y cierre de los contactos principales se efectuará mediante un actuador magnético, el cuál estará provisto de una fuente autónoma de energía.
- **Elementos de conducción de corriente:** los elementos conductores deberán ser capaces de soportar la corriente nominal a la frecuencia de operación sin necesidad de mantenimiento excesivo; los terminales y conexiones entre los diferentes elementos deberán diseñarse para asegurar, permanentemente, una resistencia de contacto reducida.

- **Mecanismo de interrupción del arco:** el interruptor automático de recierre será capaz de romper la continuidad de las corrientes de falla, desde cero hasta su capacidad de interrupción nominal, en un máximo de cuatro (04) secuencias predeterminadas a intervalos temporizados hasta su apertura definitiva. El medio de extinción de las corrientes de falla será el vacío o gas hexafluoruro de azufre (SF6).
- **Mecanismo de apertura:** los interruptores automáticos de recierre serán del tipo disparo libre. El mecanismo de apertura deberá diseñarse en forma tal que asegure la apertura en el tiempo especificado si el impulso de disparo se recibiera en las posiciones de totalmente o parcialmente cerrado. La bobina de disparo deberá ser capaz de abrir el interruptor en los límites del rango de tensión auxiliar especificado.
- **Mecanismo de cierre:** se diseñará de tal forma que no interfiera con el mecanismo de disparo. El mecanismo de cierre deberá desenergizarse automáticamente cuando se complete la operación. También contará con una herramienta de cierre manual para cuando el interruptor no cuente con energía en la bobina de cierre.
- **Transformadores de corriente para detección de fallas:** estarán ubicados en los tres bornes hacia el lado de fuente del interruptor. Permitirán detectar las corrientes de falla mayores que un valor mínimo de disparo de modo que permita la operación del sistema de control electrónico. La relación de transformación será de 300-100 / 1A.
- **Transformadores de corriente para medición:** estarán ubicados en los 3 bornes hacia el lado de la carga del interruptor; tendrán las características que se indican en la Tabla de Datos Técnicos Garantizados.

- **Aislamiento:** los aisladores del interruptor automático de recierre serán de porcelana o material polimérico de goma silicón diseñados de tal forma que si ocurriera una descarga a tierra por tensión de impulso con el interruptor en las posiciones de “abierto” o “cerrado”, ésta deberá efectuarse por la parte externa, sin que se presente descarga en la parte interna o perforación del aislamiento. Se considerará, además, una **Norma DGE “Especificaciones Técnicas para el Suministro de Materiales y Equipos de 84 de 145 Subestaciones para Electrificación Rural”** diseño para instalación al exterior y ambiente contaminado teniendo en cuenta una línea de fuga mínima de 25 mm/kV. Asimismo, deberán tener la suficiente resistencia mecánica para soportar los esfuerzos debidos a las operaciones de apertura y cierre, los esfuerzos razonables en los conectores y conductores, variaciones bruscas de temperatura y los producidos por sismos. El aislamiento deberá ser capaz de soportar continuamente la Tensión Máxima de servicio.
- **Contactos auxiliares:** el interruptor de recierre estará provisto de diez (10) contactos auxiliares:
 - Cinco (05) contactos normalmente abiertos
 - Cinco (05) contactos normalmente cerrados
- **Conectores terminales:** los conectores terminales deberán ser a prueba de efecto corona y con capacidad de corriente mayor que la nominal del bushing al que estén acoplados. La superficie de contacto deberá ser capaz de evitar calentamiento. El incremento de temperatura no deberá ser mayor de 30 °C.
- **Soporte:** los interruptores de recierre estarán equipados con estructuras de soporte de acero galvanizado, incluyendo los pernos de anclaje.

- **Resistencia mecánica:** los interruptores de recierre deberán estar diseñados mecánicamente para soportar entre otros, esfuerzos debidos a:
 - Cargas del viento
 - Fuerzas electrodinámicas producidas por cortocircuitos
 - Fuerzas de tracción en las conexiones horizontales y verticales en la dirección más desfavorable.

Asimismo, deberán soportar esfuerzos de origen sísmico.

1.13 Reguladores de voltaje

Los mecanismos reguladores de tensión se usan dentro de los transformadores trifásicos con capacidades y tensiones superiores a 50MVA y 85 kV respectivamente. Dichos transformadores, salvo excepciones, van provistos por el fabricante respectivo, de un cambiador de derivaciones bajo carga, que mantiene la regulación de tensión en forma automática.

Para capacidades y tensiones menores, se acostumbran usar reguladores de tensión en forma separada del banco de transformadores, independientemente de que éste sea trifásico o esté formado por unidades monofásicas.

Podemos encontrar tres tipos de regulación de tensión las cuales son:

- En los alimentadores de distribución que parten de un transformador con cambiador de derivaciones sin carga, se acostumbra instalar un regulador por alimentador, que ajuste en forma automática a una tolerancia del 10% del valor nominal de la tensión nominal.

- En un sistema con arreglo de doble barra, que utiliza un banco de 3 unidades monofásicas, se acostumbra instalar el regulador entre el banco de transformadores y las barras de 23kV. El regulador será trifásico, con capacidad de regulación que equivale a una tolerancia del 10% de la capacidad del banco.
- En un sistema con arreglo en anillo en el lado de 23kV, y con bancos trifásicos de 60MVA y 230kV, cada transformador está provisto de un cambiador automático de derivaciones, por cuyo medio se regula la tensión de salida del banco.

1.14 Baterías

Se denomina batería a un conjunto de celdas conectadas en serie. La tensión nominal de la batería viene dada por la suma de las tensiones de cada una de las celdas.

Las baterías, según el tipo del electrolítico pueden ser acidas o alcalinas.

1.15 Cargadores de batería

Son los dispositivos eléctricos o electrónicos que se utilizan para cargar y mantener en flotación, con carga permanente, la batería de que se trate.

La capacidad de los cargadores va a depender de la eficiencia de la batería, o sea, del tipo de batería que se adquiera. Para una misma demanda impuesta a la batería, se requiere un cargador de mayor capacidad, si es alcalina, por tener esta una eficiencia menor, de acuerdo con lo visto.

Los cargadores de batería de tipo electrónico tienen la ventaja sobre sus antecesores (los equipos motor-generador) de ser más baratos y tener la tensión de salida menor regulada, lo que aumenta la vida útil de la batería, tienen menor peso y su mantenimiento es muy reducido. La regulación de la tensión de salida (cd) debe ser de $\pm 1\%$ del valor ajustado para la tensión de carga flotante, con una variación de carga entre 0 y 100%.

Lo anterior debe lograrse con variaciones de la tensión de entrada (ca) dentro del límite de $\pm 10\%$ y con variaciones de la frecuencia de $\pm 5\%$. Durante su operación, el rectificador debe poder alimentar, simultáneamente, la carga de la batería mas la carga conectada de la subestación.

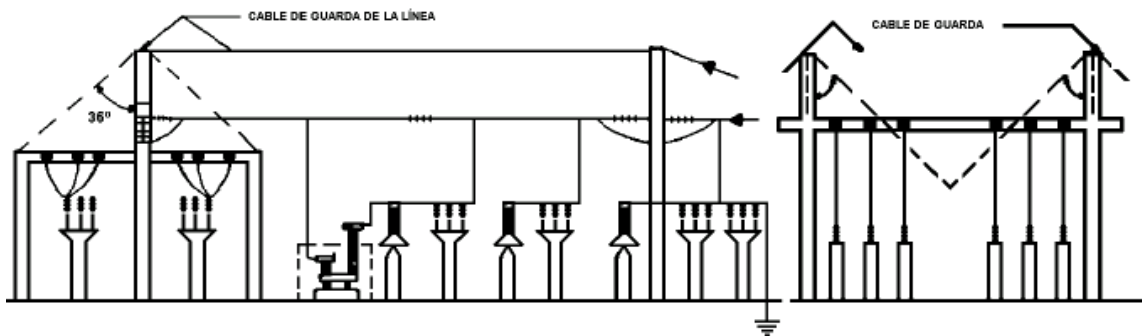
1.16 Hilo de guarda

La función del hilo de guarda en las subestaciones es proporcionar un blindaje o protección contra descargas directas, es decir, un blindaje bien diseñado evita las descargas a los conductores de fase y esta determinado por la posición relativa de los hilos de guarda respecto a los conductores de fase.

Los hilos de guarda también son conocidos con el nombre de cables de tierra, generalmente son de acero y se instalan encima de los conectores y conductores de fase, en un número y disposición tal que, el ángulo formado por la vertical con la recta que une al hilo de guarda con el conductor de una fase exterior sea inferior a 45° y preferentemente 30° .

Los hilos de guarda se instalan directamente sobre la estructura, y por lo general son de acero galvanizado, con una sección no inferior a 50mm², siendo en Guatemala por lo general de un diámetro de 3/8"; usándose conectores para unirlos a la estructura y se conectan a tierra por lo menos en dos puntos con cable de acero galvanizado, también con una sección no inferior a 50mm².

Figura 2 Aspecto de la posición de un cable de guarda en una subestación eléctrica



Fuente: El blindaje y la coordinación de aislamiento en las subestaciones eléctricas, Autor desconocido, Pág. 13

1.16.1 Efecto del cable de guarda

Cuando el cable de guarda o el conductor neutro de las líneas de transmisión se conectan a la tierra de la subestación, una parte considerable de la corriente de falla a tierra se desvía lejos de la rejilla de aterrizaje de la subestación. Cuando existe este tipo de situación se debe considerar para el diseño de la rejilla de aterrizaje, el cable de guarda o el conductor neutro.

Al conectar a la tierra de la subestación el cable de guarda o el conductor neutro, ó ambos y ellos a su vez hacia las estructuras de las líneas de transmisión o postes de distribución, regularmente tendrá un efecto de incrementar el gradiente de potencial en las bases de las torres, mientras se reduce en la subestación. Esto se debe a que cada torre que se encuentra cerca de la subestación compartirá el incremento del gradiente de potencial en cada incremento de voltaje de la plataforma de aterrizaje de la subestación, cualquiera que sea la causa, en lugar de afectarse solo por una falla aislada en el lugar o por una descarga disruptiva en una de las torres. Por el contrario, cuando ocurre una falla en una torre, el efecto del sistema de aterrizaje que se conecta a la subestación debe disminuir la magnitud de los gradientes cercanos a la base de la torre.

1.17 Aisladores

Los aisladores para los equipos o aparatos tipo exterior o intemperie, se usan en primer término para soportar buses rígidos y otros equipos eléctricos que operan sobre el valor del potencial de tierra. Los aisladores para los equipos y aparatos se fabrican normalmente en porcelana y eventualmente en vidrio.

1.17.1 Tipos de aisladores

A continuación se describen los diferentes tipos de aisladores:

1.17.1.1 Aisladores tipo alfiler

Estos aisladores se fabrican con por lo menos dos faldones de distinto diámetro, cementados juntos para satisfacer los requerimientos eléctricos.

La separación y configuración de los faldones previenen, por lo general, los flameos provocados por las gotas de agua. Estos aisladores se encuentran disponibles en dos tipos: Empacables o no empacables, los aisladores sencillos no empacables o enchufables se usan normalmente en tensiones de aplicación para distribución hasta de 34.5 Kv, para tensiones mayores (69 KV), se usan, por lo general, los aisladores tipo enchufable.

1.17.1.2 Aisladores tipo poste o soporte

Los aisladores tipo poste o soporte para aparatos y equipos, son el tipo que se usa con mayor frecuencia para la construcción de subestaciones nuevas, su perfil uniforme y menor diámetro mejoran la apariencia del aislador. Estos se fabrican de una sola pieza en porcelana, son más rígidos que los de tipo alfiler y, en consecuencia, tienen deflexiones reducidas. Los discos de los aisladores tipo poste, al ser mas cortos que los de tipo alfiler, los hacen menos susceptibles a daños que los de tipo alfiler, por lo que generalmente se mantiene la integridad del aislamiento, dado que no se afectan sus distancias de flameo.

Los aisladores tipo alfiler o tipo poste para aparatos, dependen del contorno del material aislante para satisfacer la distancia de fuga requerida, la ruptura de un faldón o campana en un aislador puede reducir fuertemente la distancia de fuga y posiblemente causar flameo en el aislador. Los aisladores tipo poste para aparatos, por lo general tienen distancias de fuga mayores que otros tipos, en especial para los NBI de bajo valor.

La mayoría de los aisladores para aparatos y equipos, se encuentran disponibles en varias capacidades de esfuerzo mecánico, basadas en primer término en el esfuerzo en cantiliver de los aisladores.

Para la mayoría de las aplicaciones, el esfuerzo en cantiliver es la característica mecánica más importante; sin embargo, dependiendo de la aplicación de aislador, algunas de las otras características pueden ser importantes y deberían ser tomadas en cuenta. Estas características incluyen el esfuerzo de tensión, la resistencia a la compresión y el esfuerzo tensional.

2.17.1.3 Aisladores de suspensión (cadenas de aisladores)

Los aisladores de suspensión se usan como aislamiento y soporte para los buses (barras) flexibles en las subestaciones. Los aisladores de suspensión se encuentran disponibles en varias formas para satisfacer los requerimientos individuales. Los aisladores de suspensión tipo convencional, se usan normalmente para los buses tipo flexible y se pueden suministrar para su fijación mecánica con clima o bola, los mas comunes son los denominados tipo estándar de 25.4 cm. (10 pulgadas) de diámetro por 14.6 cm. (5 ¾ pulgadas) de altura.

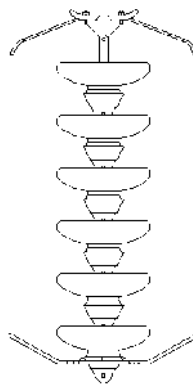
Para satisfacer las características eléctricas necesarias en cada aplicación, los aisladores tipo suspensión se conectan en serie, **formando cadenas de aisladores**. Es importante coordinar las características de las cadenas de aisladores tipo suspensión con el aislamiento del sistema de otros equipos de la subestación y las características de los dispositivos de protección (apartarrayos). La cantidad de aisladores tipo suspensión seleccionados para una aplicación en particular, debe ser suficientemente grande como para prevenir flameos innecesarios. Sin embargo, el sobre aislamiento puede conducir a que los flameos ocurran de fase a fase, en lugar de que se presenten de fase a tierra, en consecuencia, la cantidad de aisladores debe ser suficientemente pequeña como para que los flameos ocurran a tierra.

El punto de sujeción del conductor puede ser fijo (aislador rígido) o presentar algún grado de libertad (cadena de aisladores).

Las cadenas de aisladores se utilizan para grandes vanos y grandes esfuerzos.

Las cadenas de retención están dispuestas según el eje del conductor y su momento es insignificante.

Figura 3 Cadena de aisladores de suspensión con antenas o cuernos de protección



Fuente. Pág. Web www.textoscientificos/dispositivosdeproteccion.com

1.18 Cuchillas o seccionadores

El seccionador es un aparato mecánico de conexión que asegura, en posición abierta, una distancia de seccionamiento que satisface condiciones especificadas. Un seccionador es capaz de abrir y de cerrar un circuito cuando se establece o interrumpe una corriente de valor despreciable, o bien no se produce ningún cambio importante de la tensión entre los bornes de cada uno de los polos del seccionador.

Además estos dispositivos sirven para conectar y desconectar diversas partes de una instalación eléctrica, para efectuar maniobras de operación o bien para darles mantenimiento.

Las cuchillas pueden abrir circuitos bajo la tensión nominal pero nunca cuando este fluyendo corriente a través de ellas. Antes de abrir un juego de cuchillas siempre deberá abrirse primero el interruptor correspondiente.

Es también capaz de conducir corrientes en las condiciones normales del circuito, y de soportar corrientes por un tiempo especificado en condiciones anormales como las de cortocircuito.

La diferencia entre un juego de cuchillas y un interruptor, considerando que los dos abren o cierran circuitos, es que las cuchillas no pueden abrir un circuito con corriente y el interruptor si puede abrir cualquier tipo de corriente, desde el valor nominal hasta el valor de cortocircuito. Hay algunos fabricantes de cuchillas que añaden a la cuchilla una pequeña cámara de SF₆ que le permite abrir solamente los valores nominales de la corriente del circuito.

Las cuchillas están formadas por una base metálica de lamina galvanizada con un conector para puesta a tierra; dos o tres columnas de aisladores que fijan el nivel básico de impulso, y encima de estos, la cuchilla. La cuchilla esta formada por una navaja o parte móvil y la parte fija, que es una mordaza que recibe y presiona la parte móvil.

Debe notarse que hay dos aisladores por polo, uno de soporte, y otro que transmite el movimiento al brazo.

1.18.1 Tipos de seccionadores

Se describen a continuación los diferentes tipos de seccionadores:

1.18.1.1 Seccionador de puesta a tierra

El seccionador de puesta a tierra, tiene la función de conectar a tierra parte de un circuito.

El seccionador de tierra generalmente está asociado a un seccionador principal. La aislación entre contactos del seccionador de tierra puede ser menor que la aislación entre contactos del seccionador principal asociado.

Normalmente este seccionador cortocircuita un aislador de soporte del seccionador principal al que se encuentra asociado.

1.19 Relevadores de protección

Son dispositivos cuya principal función es detectar equipos o líneas eléctricas que se encuentran en condiciones anormales o peligrosas para iniciar las acciones apropiadas en los circuitos de control y aislar las áreas con problemas.

1.20 Interruptores de potencia o disyuntores

Son dispositivos que se utilizan para interrumpir el flujo de electricidad en circuitos de potencia.

La función de los relevadores es detectar e iniciar la desconexión del área con problemas, y la función de los interruptores de potencia o disyuntores es interrumpir el flujo de electricidad en las áreas con dificultades.

1.21 Propósito de un sistema de protección

El propósito de un sistema de protección en una red eléctrica es detectar y aislar lo más rápidamente posible un área con problemas, de tal manera que el resto del sistema mantenga el suministro.

Características a tener en cuenta en el diseño de una aplicación de protección con relevadores:

En la medida de lo posible y, aunque en algunos casos, las características que se mencionan a continuación son contradictorias, es necesario que se cumpla con la mayoría o con todas.

- **Confiabilidad.** Un sistema confiable es aquel que tiene un grado razonable de seguridad de que funciona correctamente.
- **Selectividad.** Se refiere a la habilidad del sistema de protección que en caso de falla, aísla la menor área que sea posible. Con este propósito a cada relevador se le asigna lo que se conoce como la zona primaria de protección, pero generalmente se ajustan de tal manera que proporcionen protección de respaldo a áreas que están fuera de su área primaria de protección.
- **Simplicidad.** Trata que el sistema de protección tenga la menor cantidad de equipos y de circuitos para obtener el nivel de protección requerido. Todo equipo y circuitos que se agreguen a un sistema de protección, incrementan el potencial de problemas y los niveles de mantenimiento.
- **Velocidad.** Se debe de aislar el área con problemas tan pronto como sea posible. Entre mas rápido se aísla una falla, menos es el potencial daño que ocasiona. En general, entre mayor velocidad, mayor el número de operaciones no deseadas.

Un relevador de operación instantáneo o de alta velocidad, es un relevador que opera en un tiempo no mayor de 50 milisegundos.

1.21.1 Zonas de protección

Con el propósito de facilitar la comprensión de los sistemas de protección, el sistema de potencia se ha dividido en “Zonas de protección” que normalmente están definidos por el equipo involucrado y los interruptores de potencia disponibles, y que permiten una adecuada protección con la mínima interrupción del sistema. Las áreas que se han definido son:

1. Generador y generador-transformador en instalaciones de tipo unitario.
2. Transformadores.
3. Barras.
4. líneas de transmisión.
5. líneas de distribución.
6. Motores.
7. Banco de capacitores y bancos de reactores.

1.22 Descargadores

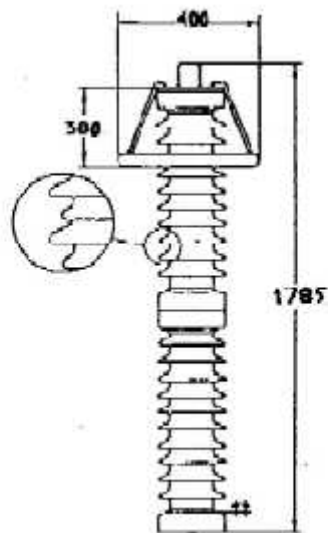
El descargador es un aparato destinado a proteger el material eléctrico contra sobretensiones transitorias elevadas y a limitar la duración y frecuentemente la amplitud de la corriente subsiguiente.

Están formados esencialmente por un espinterómetro (o más) y un elemento limitador de corriente (o más).

Se considera que forma parte del descargador todo espinterómetro en serie, necesario para el correcto funcionamiento del aparato en condiciones de servicio.

Modernamente se han impuesto los descargadores de óxido de cinc que no tienen espinterómetro en serie (aunque los hubo con).

Figura 4 Descargador de Sobretensión



Fuente: Pág. Web www.ing.unlp.edu.ar

1.22.1 Tipos de descargadores

Se tienen descargadores de:

- Resistencia variable
- No lineal
- Descargadores a expulsión.

Los descargadores de óxido de zinc son los más modernos y su efecto puede ser comparado al de los diodos zenner.

En los descargadores de resistencia variable la descarga inicia en el espinterómetro, la corriente crece a valores elevados y luego disminuye siendo limitada por el resistor cuya resistencia aumenta con la disminución de la corriente, finalmente en el mismo espinterómetro se produce la interrupción.

El espinterómetro puede tener configuraciones especiales que tienden a alargar el arco, a producir un soplado; en ciertos casos se tienen elementos que producen un soplado magnético, y esto contribuye a facilitar la interrupción.

En cambio, los descargadores a expulsión poseen una cámara de interrupción en la cual el arco es confinado, entra en contacto con un material que desprende gas, y el arco se apaga produciéndose así la interrupción de la corriente.

Los descargadores de óxido de zinc pueden tener espinterómetro o no, en todos los casos el efecto del funcionamiento del descargador es una sensible limitación del valor de la tensión en sus bornes.

Habitualmente se conectan entre los conductores de la red y tierra, pero en ciertos casos se los conecta entre bornes de los aparatos protegidos (entre los conductores).

2. EQUIPO ELÉCTRICO UTILIZADO EN LÍNEAS DE TRANSMISIÓN

A continuación se detalla el equipo eléctrico requerido para líneas de transmisión, por parte de INDE-ETCEE.

2.1 Aislamiento de las líneas

El funcionamiento de una línea de transmisión depende en gran escala de su aislamiento. En buena práctica se requiere que la tensión de arco en seco de los aisladores completos sea de tres a cinco veces mayor que la tensión nominal de funcionamiento, y que la longitud de la línea de fugas sea aproximadamente el doble de la menor distancia entre puntos con tensiones al aire. Las modernas orientaciones tienden hacia los límites superiores, especialmente cuando se trata de tensiones muy elevadas. Los casos especiales de nieblas, salinas, polvos, o aire químicamente cargado deben ser estudiados aparte.

Los aisladores no sólo deben tener resistencia mecánica suficiente para soportar con amplio margen las cargas debidas al hielo y al viento que puedan esperarse razonablemente, sino que deben ser construidos de manera que puedan resistir condiciones mecánicas muy severas, descargas atmosféricas y arcos alimentados por la corriente de servicio, sin dejar caer el conductor.

La producción de arcos por contorno del aislador debe ser evitada en todos los casos, con la sola excepción del rayo, cualquiera que sean las condiciones de humedad, temperatura, lluvia o nieve, y con la cantidad de polvo que habitualmente se acumula hasta ser limpiada por las lluvias.

2.1.1 Materiales aislantes

Los aisladores se construyen con vidrio, pastas o “compound” patentadas y porcelana. Para líneas de transmisión los aisladores de vidrio solo son recomendables si están contruidos con vidrio especial resistente al calor, tal como el Pirex. Los productos orgánicos, incluyendo los compuestos o pasta “compound” de origen orgánico, no resisten la acción prolongada de altas tensiones, especialmente si están expuestos a la intemperie, por lo cual su uso queda limitado a instalaciones de baja tensión al interior de edificios.

2.2.1 Tipos de aisladores

A continuación se detalla los diferentes tipos de aisladores:

2.2.1.1 Aisladores de soporte o aisladores rígidos

Estos aisladores se construyen para tensiones de arco hasta 200 kv a 60 hz, si bien es raro usarlos para tensiones de arco superiores a 180 kv (tensión nominal 75 kv). Estos últimos son equivalentes en tensión de arco, a algo menos de tres elementos de cadena de suspensión del tipo de 5 $\frac{3}{4}$ de pulgada (14.6 cm). Lo reducido del margen de aislamiento y el riesgo de aplicar tensiones tan altas sobre un solo aislador, relativamente frágil, hace que estos aisladores no se usen con tensiones superiores a 66 kv.

2.2.1.2 Aisladores de suspensión

Estos aisladores se usan casi exclusivamente en líneas de tensión superior a 66 kv, en vanos largos y con conductores pesados. Las unidades o discos modernos de caperuza y vástago han dado resultados muy satisfactorios y se han adoptado progresivamente para hacer frente a las necesidades de las más altas tensiones y de la construcción más pesada, con simplicidad y economía.

La tensión de arco por contorno en cadenas de aisladores de suspensión es casi proporcional a la distancia a tierra en el aire y aproximadamente igual a la tensión de arco entre varillas con la misma distancia, a 60 hz y con las sobretensiones que se originan en las maniobras.

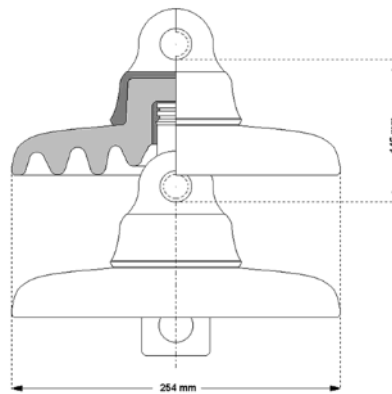
En la práctica, el número de discos o unidades que conforman la cadena de aisladores es aproximadamente proporcional a la tensión, con ligero aumento para las tensiones más altas y con cierto margen en la longitud de cada unidad.

Para la tensión de 66 kv se usan de 4 a 5 unidades, para 110 kv de 7 a 8, para 132 kv de 8 a 10, para 154 kv de 9 a 11, para 220 kv de 14 a 20.

Las unidades o discos más modernos tienen una resistencia máxima de 15.000 libras (6800 Kg). El promedio de cualquier partida de estos discos resiste generalmente una prueba a la tracción de 15000 libras (6800 Kg) y muchas unidades alcanzan un 25% más que dicha cifra. Es probable que uno de estos discos, bien construido, resista una carga de 10.000 a 12.000 libras (de 4.536 a 5.400 kg) durante varios días sin fallar.

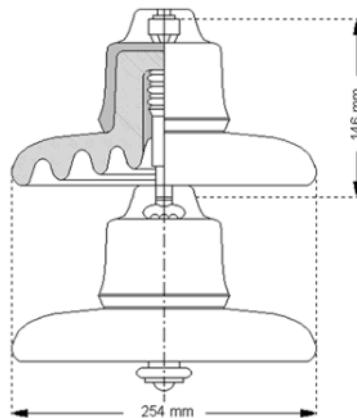
Se recomienda una carga máxima de seguridad de 5.000 a 6.000 libras (2.270 a 2.700 kg), lo que representa un factor de seguridad de 2 sobre el mínimo de la prueba carga-tiempo.

Figura 5 Aisladores de suspensión cementada, tipo charnela



Fuente: Pág. Web www.textoscientificos/especificacionestecnicasgeneralesparalts.htm

Figura 6 Aislador de suspensión tipo de bola o rotula



Fuente: Pág. Web www.textoscientificos/especificacionestecnicasgeneralesparalts.htm

En la figura 5 se representa una cadena de dos aisladores del tipo de caperuza y vástago cementados, del tipo 15.000 libras (6.800 Kg) de enganche de charnela y en la figura 6 se representa el tipo de bola y casquillo.

La elección entre uno y otro tipo es cuestión de preferencias personales, si bien el tipo de bola y casquillo, también llamado de rotula, es más popular por sus ventajas en trabajos urgentes.

2.2.1.3 Aislador pírex

El aislador de suspensión de caperuza y perno con disco Pírex, emplea una aleación metálica en sustitución del cemento. Los constructores afirman que gracias al estudio de la distribución de esfuerzos, que solo es posible por la transparencia de semejante material, y también por el cuidadoso tratamiento térmico, estos aisladores alcanzan esfuerzos de tracción próximos al doble de los conseguidos con los aisladores corrientes del tipo de caperuza y perno.

2.2.1.4 Aisladores de tensión o amarre

Un conjunto de unidades de suspensión dispuestas al extremo o final de una línea, en una estructura, se denomina aislador de amarre o de tensión. Estos aisladores deben soportar el pleno esfuerzo de tracción y han de ser calculados con un amplio factor de seguridad para la máxima cantidad de hielo y presión de viento; el esfuerzo máximo que pueden resistir los aisladores y sus herrajes debería ser equiparado al del conductor, con el fin de tener en cuenta posibles cargas externas, superiores a las supuestas en el proyecto general. Es práctica corriente proteger las cadenas de amarre o final de línea, especialmente contra deterioro debido a arcos, empleando dos o tres discos adicionales e instalando cuernos o anillos de guardia.

En casos de esfuerzos muy elevados o conductores muy pesados, se disponen cadenas dobles y triples en paralelo mediante piezas especiales (culatas) de acero (muy conocidas por su denominación inglesa “yoke”).

Se construyen piezas de esta clase para doble y triple cadena, como accesorios o herrajes corrientes de aisladores. Para esfuerzos superiores sería preciso un estudio especial.

Figura 7 Aislador de tensión o amarre deteriorado



Fuente: Pág. Web www.textoscientificos/aisladores.com

En la figura 7 se puede ver un aislador deteriorado, esta clase de problemas puede resolverse usando la termografía, que es el único método por el cual se pueden detectar problemas de este tipo antes de verlos como en la figura, a veces los aisladores están en lugares accesibles para efectuar las mediciones termografiadas, otras veces, por ejemplo: como suele suceder con las líneas de transmisión, los aisladores se encuentran a una distancia demasiado grande para efectuar la medición estándar, en ese caso se puede emplear las mediciones termografiadas mediante el uso de helicópteros.

2.2.1.5 Cadenas De Aisladores

El punto de sujeción del conductor puede ser fijo (aislador rígido) o presentar algún grado de libertad (cadena de aisladores).

Las cadenas de aisladores se utilizan para grandes vanos y grandes esfuerzos.

Las cadenas de retención están dispuestas según el eje del conductor y su momento es insignificante.

Las cadenas simples de suspensión tienen un grado de libertad transversal al conductor, y giran libremente alrededor del punto de ataque a la torre.

Cuando es de interés impedir este movimiento se utilizan cadenas de suspensión en V, es importante notar que siempre ambas cadenas deben trabajar a tracción, por lo que la abertura de las cadenas (ángulo entre ellas) debe ser verificado (será mayor a mayor vano).

Las cadenas de suspensión V permiten reducir la faja de servidumbre en la disposición coplanar vertical, en cambio en la disposición coplanar horizontal (o triangular) la fase central con cadena V permite reducir la ventana de la torre, para las fases laterales la cadena en V incide en la menor servidumbre.

2.3 Conductores simples y múltiples

La sección de los conductores debe ser suficiente para transportar la potencia con cierta densidad de corriente, de manera que el calor Joule sea disipado alcanzándose en el conductor temperaturas moderadas.

En alguna medida este criterio fija una sección mínima del conductor, y un diámetro correspondiente.

Surge inmediata la conveniencia de aumentar la superficie de disipación utilizando conductores huecos, y esto se intentó, pero las líneas aéreas naturalmente se deben hacer con conductores llenos.

Otra idea que ayuda a aumentar la superficie de disipación es utilizando conductores en haz.

Cuando el transporte se hace a tensiones elevadas, el campo eléctrico en la superficie de los conductores comienza a ser dimensionante del diámetro de los mismos. Aquí se hace evidente la conveniencia de utilizar conductores en haz (múltiples) separados convenientemente (15 a 20 veces su diámetro).

El haz de conductores equivale para el campo eléctrico a un solo conductor de diámetro relativamente grande, y para la conducción de corriente se observa, como dicho, una superficie de disipación mayor que con un conductor solo de igual sección total.

2.3.1 Disposición de conductores

Normalmente los sistemas son trifásicos, las líneas muestran tres disposiciones básicas de los conductores:

2.3.1.1 La coplanar horizontal

Minimiza la altura, corresponde mayor ancho, y en consecuencia mayor faja de servidumbre; se utiliza en altas tensiones y grandes vanos (las torres bajas son solicitadas por menor momento y resultan de tamaños y pesos menores que con otras disposiciones.

Es el diseño natural en sistemas de circuito simple (simple terna), si se requiere doble se hacen dos líneas independientes.

2.3.1.2 Coplanar vertical

Da máxima altura, se utiliza para corredores estrechos, y da por resultado torres más altas, presenta entonces alto impacto visual.

Como ventaja permite circuitos dobles en una única torre, doble terna, debiendo considerarse atentamente que esto en rigor no es equivalente a dos líneas, ya que la probabilidad de que ambas ternas fallen es mayor que cuando se tienen estructuras independientes.

2.3.1.3 La disposición triangular

Da alturas intermedias, los corredores son un poco más anchos, las alturas algo menores que para el caso anterior.

En tensiones más bajas (medias) con aisladores rígidos, la disposición es triángulo con base horizontal, en tensiones mayores también se observan disposiciones con base vertical.

Los conductores de las líneas aéreas de alta tensión se construyen con un núcleo de alambres de acero que contribuyen a la resistencia mecánica, rodeado de una formación de alambres de aleación de aluminio tal como ilustra la figura 15. Los valores mas corrientes suelen ser:

300/50mm ²	240/40mm ²	150/25mm ²	120/20mm ²
95/15mm ²	70/12mm ²	50/8mm ²	

La primera cifra es la sección útil del aluminio y que conduce la corriente. La segunda es el acero.

Es muy común que para cada fase, se utilice más de un conductor. En la figura 8 se puede apreciar que cada fase se compone de 4 conductores. Esto hace necesario el empleo de accesorios metálicos, la morsetería o grapería, que en tensiones muy alta, requieren un delicado diseño.

Figura 8 Conductor múltiple



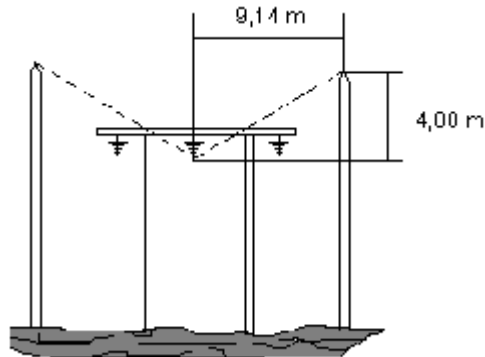
Fuente: Pág. Web

www.textoscientificos/disposiciondeconductoresytiposdeestructura.htm

2.3.2 Conductores aéreos de tierra (cables de tierra)

Hoy día se está de acuerdo en que, para que la protección con cables de tierra sea efectiva, es necesario que estos cables apantallen a todos los conductores de la línea, que la resistencia de puesta a tierra sea baja, que el aislamiento sea relativamente elevado y que, en general, la distancia entre los cables de tierra y los de línea sea algo mayor de la que se acostumbraba hace algunos años.

Figura 9 Conductores aéreos de tierra (cables de tierra)



Fuente: Pág. Web

www.textoscientificos/disposiciondeconductoresytiposdeestructura.htm

2.3.3 Conductores de contra peso o contraantena

Tratando de disminuir la resistencia de las tomas de tierra o de conseguir un efecto equivalente, requisito necesario para el buen funcionamiento de la protección por cables de tierra, se ha recurrido a tender largos trozos de cable, enterrados, unidos a los pies de las torres. Este dispositivo se ha adoptado en terrenos rocosos o arenosos donde las varillas, placas o estacas usuales de toma de tierra resultan poco eficaces. Los conductores mencionados han sido denominados de contrapeso. Como indica su nombre, además de la reducción de la resistencia, se espera obtener alguna ventaja de la capacidad a tierra de los conductores y conseguir una reducción en la diferencia de potencial entre los conductores de línea y de tierra, debido a la inducción mutua entre los conductores de línea y los de tierra con los de contrapeso. Se calcula que dos conductores enterrados, paralelos, tendidos de torre a torre, han de producir una protección equivalente a la conseguida con tomas en tierra de 10 ohm, aun en casos de terrenos de alta resistividad.

Las instalaciones de contrapeso o contraantena, tanto las de tipo radiales, que se extienden diagonalmente desde la torre, como las de tipo paralelo, han resultado, en general, completamente satisfactorias, si bien los datos de ensayo, hasta la fecha, indican que el efecto de acoplamiento mutuo puede ser de menor importancia.

Las teorías propuestas por diversos investigadores como medio de calcular el número, disposición y longitud más convenientes de los conductores de contrapeso son complicadas, y es necesario confirmarlas con la experiencia. Para disminuir la resistencia de fugas, que es la que se obtiene efectuando mediciones con puente de corriente continua, hay que aumentar la longitud total del contrapeso, mientras que la impedancia ofrecida a las ondas de impulso o de choque se disminuye mejor aumentando el número de conductores que salen de la torre.

2.4 Pararrayos

La aplicación de pararrayos en sistemas con el neutro conectado a tierra es algo más difícil que en los sistemas con neutro aislado. Los pararrayos normales que figuran catalogados por sus constructores para uso en sistemas con el neutro directamente unido a tierra, tiene señalada una tensión nominal eficaz máxima (tensión de ruptura) del 80 % de la tensión eficaz máxima entre fases del sistema. Esta tensión no debería ser rebasada en caso de tensiones anormales ocasionadas por la pérdida de la carga o por sobrevelocidad de los generadores. Los defectos a tierra, en determinadas condiciones, pueden ocasionar tensiones excesivas para los pararrayos.

2.5 Morsetería o herrajes

Con el nombre de morsetería se designa el conjunto de dispositivos y accesorios que cumplen los siguientes propósitos principales:

- La fijación en suspensión o amarre, de los conductores e hilos de guardia a las estructuras.
- La unión mecánica y/o eléctrica de los conductores, hilos de guardia y puestas a tierra.
- La protección mecánica de los conductores, aisladores e hilos de guardia.

2.5.1 Clasificación

De acuerdo a la función específica que cumplen en una línea, podemos clasificar las morseterías de la siguiente manera:

- **Morsetería de suspensión:** permite fijar el conductor o el haz de conductores al aislamiento de una línea, soportando los conductores de vanos adyacentes, análogamente para el hilo de guardia.
- **Morsetería de retención:** permite fijar el conductor o haz de conductores al aislamiento de la línea, soportando todo el tiro de los mismos, en estructuras terminales o de retención.
- **Manguito de empalme:** dispositivo apto para asegurar la continuidad eléctrica y mecánica del conductor o hilo de guardia, su aplicación típica se da en la unión de conductores de distintas bobinas en las operaciones de tendido.

- **Manguito de reparación:** dispositivo apto para restituir la continuidad eléctrica cuando un conductor ha sufrido daños en los alambres de su capa externa.
- **Ecualizadores de potencial:** Los dispositivos cuya función es lograr una mejor distribución del potencial a lo largo de la cadena de aisladores, y también proteger conductor y morsetería de los efectos de un arco de potencia.
- **Separadores:** componente que asegura y mantiene a los conductores de un haz en su posición relativa. Pueden ser rígidos, aunque la tendencia es construirlos de modo que cumplan funciones antivibratorias.

2.5.2 Características particulares

A continuación se describen las características particulares de la morsetería y herrajes:

- **Morsetería de suspensión:** no debe transmitir a la estructura otra carga que no sea el peso del conductor. Por esta razón se la diseña y construye de modo que pueda moverse libremente, sea liviana, tenga bajo momento de inercia.
- **Morsetería de retención:** puede ser de tipo a conductor pasante (a presión), o a compresión; en el primer caso, en modo similar a la morsa de suspensión el conductor queda sujeto por la acción de los bulones que lo presionan sobre una pieza que lo cubre, para evitar el deslizamiento el asiento es de forma ondulada.

- **Manguitos de empalme y reparación:** aunque se trata de un componente de extraordinaria simplicidad (forma de cilindro hueco donde penetran las puntas de los conductores a empalmar, o tramo a reparar) la función, especialmente para el manguito de empalme es tan esencial que este elemento ha sido objeto de profundos estudios y serios ensayos.
- **Espaciadores:** se construyen preferentemente de aluminio, de modo que la pieza obtenida sea liviana. Dada su distribución uniforme a lo largo del vano pueden cumplir una importante función antivibratoria, especialmente en los casos de vanos muy grandes. Los espaciadores diseñados para reducir o impedir la vibración eólica se denominan espaciadores amortiguadores.

2.6 Amortiguadores de vibración

Una línea eléctrica puede considerarse como un sistema oscilante complejo. Todos sus elementos pueden oscilar y especialmente los conductores que lo hacen como una cuerda vibrante y forman un sistema pendular; también aparecen oscilaciones de torsión porque el cable tiene un par de torsión. Resulta, pues, que debido a su elasticidad longitudinal propaga las ondas longitudinales y transversalmente, siendo estas últimas las más peligrosas porque corren a lo largo de la línea se reflejan y forman vientres cuya amplitud puede venir aumentada por interferencias de las ondas siguientes, supuesto que se mantengan entretenidas.

Las oscilaciones de alta frecuencia y de pequeñas amplitud y longitud de onda, se llaman vibraciones y se manifiestan en forma de onda vertical con amplitud constante, o más frecuentemente, en forma de pulsaciones con amplitud variable.

Se deben a la acción del viento perpendicular a la dirección de la línea, el cual engendra remolinos en el aire que rodea al conductor y produce una onda migratoria que va ganando amplitud y es en parte reflejada en las pinzas de fijación del conductor. En su retorno provoca el despegue de mayor número de remolinos.

Si coincide la frecuencia propia del conductor con la de la onda. Llegará a producirse una resonancia de vibraciones que originan flexiones alternas del conductor y son causa de la ruptura de los haces o hilos del cable, que se produce esencialmente a la salida de las pinzas de suspensión. Porque éstas no pueden seguir los movimientos engendrados.

Los dispositivos que suprimen en gran parte las vibraciones se designan con el nombre de amortiguadores que constituyen elementos de cierta frecuencia propia de oscilación, los cuales se instalan en la línea, colocan junto a las pinzas que aseguran el cable. Las vibraciones inducen en el dispositivo amortiguador oscilaciones con cierto desfase, las cuales se oponen a las acciones propias del conductor, suprimiéndolas a límites admisibles.

2.6.1 Tipos de amortiguadores

Existen varios tipos de estos dispositivos, de los cuales mencionaremos a continuación.

2.6.1.1 Amortiguadores de palanca oscilante

Consiste en una palanca giratoria con centro de giro asimétrico, y fijado por una horquilla al conductor. La fijación del punto de articulación permite una regulación vertical para dar a la palanca de la posición más favorable.

Las oscilaciones se transmiten a la palanca y esta golpea contra el tope de la brida de fijación, produciéndose una reacción que estorba la vibración del cable y limita su amplitud. El diseño debe contar con la siguiente relación:

$$\text{Energía amortiguadora} = \text{Energía oscilatoria natural}$$

En algunos casos se colocan varios de estos, uno al lado de otro, su ventaja es que su eficacia se extiende a una amplia gamma de frecuencia y su simplicidad, una desventaja es que esta sujeto a desgaste y debe reponerse cuando tal cosa sea necesaria.

2.6.1.2 Amortiguador Stockbridge

Este es un trozo corto de cable de acero, con una masa en cada extremo, hace presión en su centro contra el conductor principal, junto a la pinza de fijación, creando una fuerza que actúa en sentido contrario a la dirección del movimiento del conductor. Si se elige convenientemente el dimensionado del amortiguador esta fuerza ayuda considerablemente a reducir la amplitud de las vibraciones. La acción del dispositivo no es efectiva, si la frecuencia de las oscilaciones, están próximas a las frecuencias de las oscilaciones propias del amortiguador.

2.6.1.3 Amortiguador de pistón y resorte

Consiste en un peso que, por medio de un resorte, se apoya sobre un platillo, unido al cable por una brida de fijación. Cuando el cable realiza las oscilaciones, el peso se levanta periódicamente sobre su base de sostén, se pone a oscilar también y choca con el cable repetidamente.

Como las oscilaciones del amortiguador están desfasadas respecto a las del cable, actúan en sentido contrario, anulándolos. Como este amortiguador no tiene frecuencia propia de oscilación, su campo de aplicación es muy extenso. Su eficacia se hace mejor si se instala a cierta distancia de la pinza de suspensión o anclaje.

2.7 Estructuras

Las estructuras de una línea pueden ser clasificadas en relación a su función, la forma de resistir los esfuerzos, y los materiales constructivos.

2.7.1 Clasificación de las estructuras

Por su función las estructuras se clasifican en:

2.7.1.1 Estructuras de suspensión

Los conductores están suspendidos mediante cadenas de aisladores, que cuelgan de las ménsulas de las torres. Resisten las cargas verticales de todos los conductores (también los cables de guardia), y la acción del viento transversal a la línea, tanto sobre conductores como sobre la misma torre. No están diseñadas para soportar esfuerzos laterales debidos al tiro de los conductores, por eso se las llama también de alineamiento.

2.7.1.2 Estructuras de retención

Básicamente se distinguen tres tipos:

- **Terminal:** la disposición de los conductores es perpendicular a las ménsulas, la torre se dimensiona para soportar fundamentalmente el tiro de todos los conductores de un solo lado, y en general es la estructura más pesada de la línea.
- **Angular:** se ubica en los vértices cuando hay cambio de dirección de la línea, la carga más importante que soporta es la componente del tiro (debida al ángulo) de todos los conductores.
- **Rompetramos:** algunas normas de cálculo sugieren el uso de estas estructuras con la finalidad básica de limitar la caída en cascada (dominó) de las estructuras de suspensión, y para facilitar el tendido cuando los tramos rectilíneos son muy largos. Cuando el diseño de las suspensiones se hace con criterio de evitar la caída en cascada (de acuerdo con las normas IEC) el uso de estructuras rompetramo se hace innecesario.

2.7.1.3 Estructuras autoportantes

Que son verdaderas vigas empotradas en el suelo y que transmiten los esfuerzos a las fundaciones, pudiendo ser a su vez:

2.7.1.3.1 Autoportantes rígidas

Que se dimensionan para resistir los esfuerzos normales y excepcionales sin presentar deformaciones elásticas perceptibles, son estructuras pesadas, fabricadas en acero (reticulados) o en hormigón pórticos atirantados.

2.7.1.3.2 Autoportantes flexibles

Resisten las cargas normales sin deformaciones perceptibles, y frente a sobrecargas presentan grandes deformaciones, los postes metálicos tubulares, y los pórticos no atirantados son ejemplos de este tipo de estructuras.

2.7.1.4 Estructuras arriendadas

Son estructuras flexibles que transmiten a la fundación casi exclusivamente esfuerzos verticales (peso) y los esfuerzos transversales y longitudinales son absorbidos por las riendas, son estructuras muy convenientes en zonas de grandes vientos.

2.7.1.5 Materiales para estructuras

Los materiales empleados usualmente para realizar la estructura son: madera, hormigón, acero y en zonas de difícil acceso en algunos casos se emplea el aluminio.

2.7.1.5.1 Madera

Lamentablemente poco empleada en nuestro país, debe cumplir las siguientes condiciones para ser utilizada:

- Resistencia mecánica a flexión.
- Resistencia a la intemperie
- Resistencia al ataque de hongos y microorganismos

Con los árboles normales de nuestro país, y los nuevos aisladores de materiales compuestos pueden realizarse líneas de 132 kV con vanos de 100 m, la madera utilizada en el país es el eucalipto.

A la madera convenientemente tratada se le puede asignar una vida útil de 20 años o más.

La línea con postes de madera es muy económica, de fácil montaje, y en consecuencia se puede hacer más obras con un capital dado, extendiendo más los beneficios de la electrificación.

La fragilidad de la línea esta ampliamente compensada por la facilidad de montaje que frente a accidentes se traduce en facilidad de reposición o reparación.

2.7.1.5.2 Hormigón armado

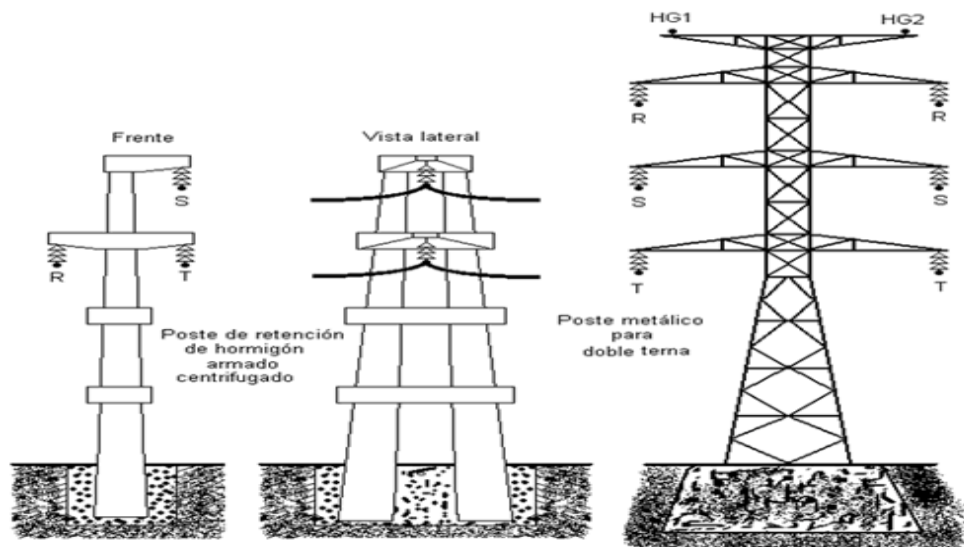
De amplio uso en nuestro país, se lo fabrica con técnicas de vibrado, centrifugado, pretensado.

Se lo utiliza en baja tensión, aunque no correspondería (a veces la mala economía no destaca la ventaja de la madera), desde media tensión hasta 132 kV es su campo natural de aplicación, cuando las cargas (secciones) son importantes, también se lo ha utilizado en forma de pórticos en líneas de 220 Kv.

Como los componentes son muy pesados, el costo de transporte incide notablemente cuando las distancias desde la fábrica son importantes, y aun más cuando hay dificultades de acceso a los piquetes.

En el montaje se debe cuidar no cargarlo en forma anormal, se requieren grúas para el manipuleo. En la fabricación es muy importante el control de calidad tanto de los materiales, como del proceso, bien fabricado garantiza larga vida útil sin ningún mantenimiento.

Figura 10 Hormigón armado



Fuente: Pág. Web

www.textoscientificos/disposiciondeconductoresytiposdeestructura.htm

2.7.1.5.3 Acero

Al carbono St 37 o St 52 en forma de perfiles normalizados permiten la fabricación seriada de piezas relativamente pequeñas, fácilmente transportables a cualquier punto para su montaje en el sitio en que se levanta la torre.

La forma constructiva permite un elevado grado de normalización en el proyecto, lográndose con muy pocos diseños satisfacer prácticamente todos los requerimientos de la traza de la línea (en particular se resuelve en modo excelente el problema que se presenta cuando hay estructuras de diferentes alturas).

La protección contra la oxidación se hace normalmente por cincado en caliente, que garantiza 20 o mas años libres de mantenimiento.

Salvo casos particulares en nuestro país se lo utiliza en líneas de 220 kV o más.

La elección del tipo de torre se hace sobre la base de criterios económicos, de sismicidad y en base el vano, que es la distancia entre dos torres. Los estudios técnico-económicos, que tienen en cuenta los factores técnico, climáticos y precios, permiten generar programas de computación con los cuales se determina lo que se denomina vano económico, que es la distancia entre torres que hace mínimo el costo por kilómetro. Las estructuras de soporte, torres o postes, pueden ser de suspensión o de retención.

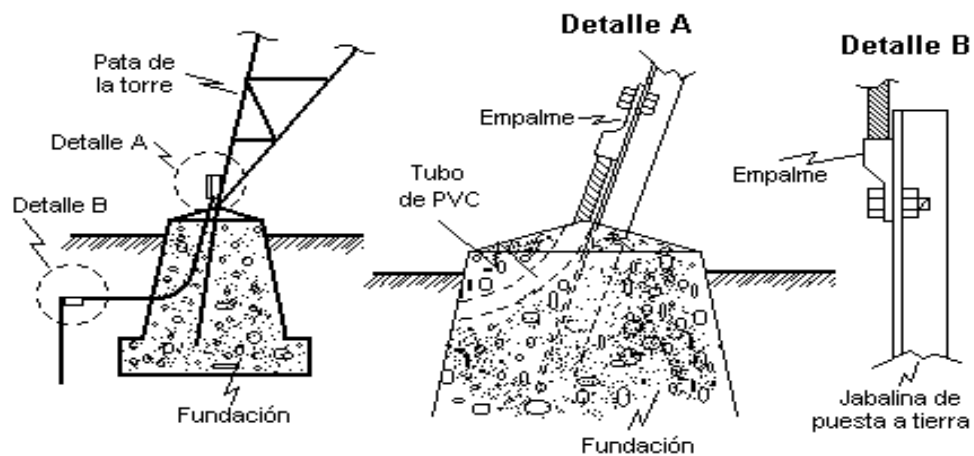
Las primeras se instalan en los tramos rectos de las líneas, mientras que las segunda son para los lugares en que, además, la línea debe soportar esfuerzos laterales, producto del cambio de dirección (ángulo) o finales de línea. La figura 11 nos enseña dos tipos de torres de hormigón centrifugado.

Las torres metálicas son estructuras de perfiles ángulos, vinculados directamente entre sí o a través de chapas, mediante uniones abulonadas. Para mejor mantenimiento, son galvanizadas y el acero es de alta resistencia. Las estructuras se dimensionan por medio de sistemas computarizados que minimizan el peso de las estructuras. Los postes de hormigón, en cambio, serán del tipo armado, centrifugado o pretensado. Las crucetas o ménsulas, serán del mismo material en la mayor parte de los casos.

2.7.2 Fundaciones de las estructuras

En todos los casos, las fundaciones representan un papel importante en la seguridad y en el costo de una línea de transmisión, y deben permitir la fácil colocación de las tomas de tierra que vemos en la figura 11.

Figura 11 Fundaciones de las estructuras



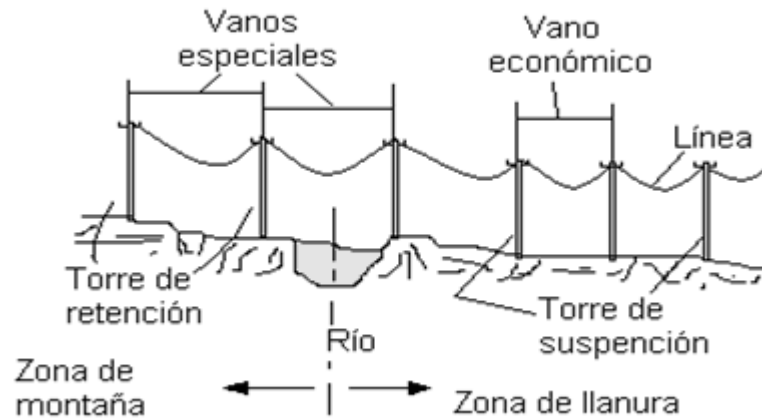
Fuente: Pág. Web

www.textoscientificos/disposiciondeconductoresytiposdeestructura.htm

El tipo de terreno, por su agresividad, determina el cemento que se debe emplear.

Hay torres de tipo especial, ya que en ellas se produce la transposición.

Figura 12 Torres especiales con transposición



Fuente: Pág. Web

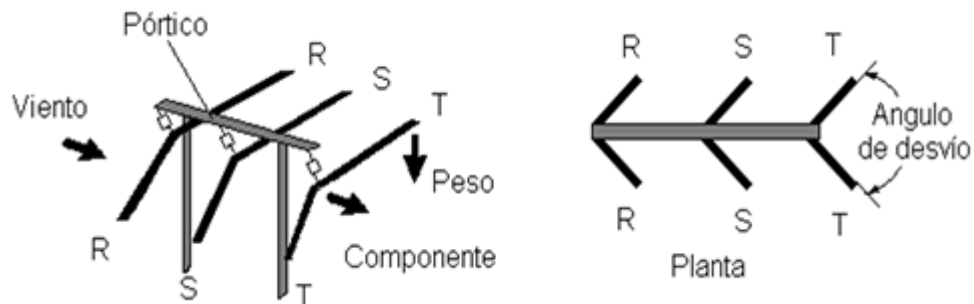
www.textoscientificos/disposiciondeconductoresytiposdeestructura.htm

El estudio de la topografía del recorrido permite determinar el lugar exacto donde se instalara cada torre. Se evitan los cambios de dirección, porque ello obliga a la colocación de torres de retención en esos puntos.

Los esfuerzos o solicitaciones que deben resistir las torres son, además del peso propio y los efectos de la naturaleza sobre las mismas, las que les transmiten los conductores. En la figura 13 vemos el croquis de una torre, que cumple la función de ángulo, es decir, desvío de la dirección de la línea. Se observa que la torre debe soportar los efectos de las solicitaciones de los conductores, que se componen del peso propio del conductor más el peso de las cadenas de aisladores, a lo que se suma la acción del viento. Al peso propio se debe sumar el peso del manguito de hielo que se forma luego de una nevada y que expuesto, al viento, ofrece una superficie lateral apreciable. Todos estos defectos, sumados, componen las solicitaciones sobre la torre.

Por otra parte, el proyecto de una línea implica el adecuado diseño del hilo conductor, que es una catenaria, que se muestra en el ejemplo de la figura 14, en que el hilo conductor aparece suspendido entre dos puntos de distinta cota. La distancia entre el punto más elevado y el punto mas bajo se llama flecha y es un número importante, sea para el dimensionado del conductor, como en los trabajos de instalación y montaje.

Figura 13 Croquis de una torre

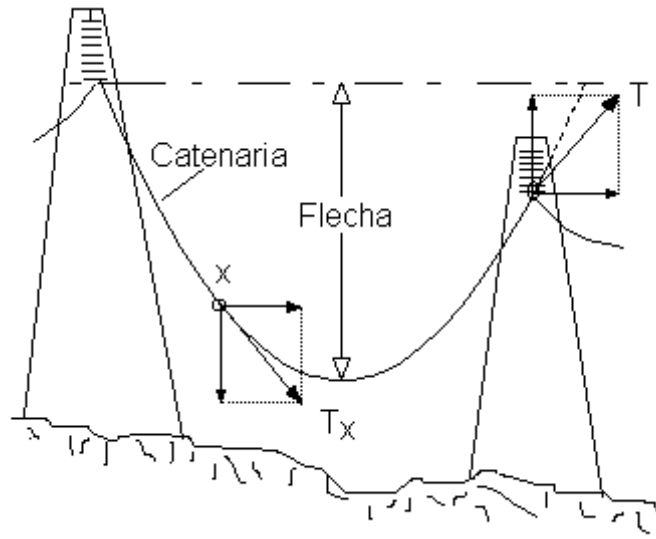


Fuente: Pág. Web

www.textoscientificos/disposiciondeconductoresytiposdeestructura.htm

Como la temperatura de trabajo cambia, lo mismo que el viento a que esta sometido el conductor, la flecha es un número variable. La teoría de estas catenarias permite conocer el valor de la tensión T_x en cada punto de su recorrido X , ocasionada por sus componentes horizontales y verticales, con lo cual se determina la sección resistente y el valor de la tensión T en el punto de apoyo permite conocer el esfuerzo que transmiten a la grapería de sujeción a la torre.

Figura 14 Croquis de catenaria



Fuente: Pág. Web

www.textoscientificos/disposiciondeconductoresytiposdeestructura.htm

2.7.2.1 Tipos de Fundaciones

Aquí se describen las diferentes clases de fundaciones que existen:

2.7.2.1.1 Fundaciones de tierra

Los anclajes de acero colocados con revestimientos de protección son económicos y se han usados con éxito para torres de sustentación o alineación. El tipo más satisfactorio de anclaje de acero es el piramidal, bien sea triangular, bien sea cuadrado, construido con hierro ángulo y con una reja abulonada en la cara interior. Los anclajes de acero galvanizado enterrados en el suelo durarán casi tanto como la estructura en suelos de condiciones ordinarias, pero no son satisfactorios, sin protección especial, en terrenos con algún contenido de azufre, tales que los rellenos de escoria o carbonilla.

2.7.2.1.2 Fundaciones de hormigón

Estas fundaciones se usan generalmente en torres de ángulo y de amarre o final de línea y para las estructuras especiales que requieren gran resistencia, como son las de cruce de ríos, y torres en los extremos de vanos extraordinariamente largos.

2.7.3 Estructuras especiales

Cuando no es factible realizar la transposición de conductores en torres normales mediante crucetas adecuadas, son necesarias torres especiales. Los tramos largos sobre ríos y bahías y los cruces de carreteras principales y líneas principales y líneas más importantes de ferrocarril, requieren torres mucho más altas que las normales o torres con un factor de seguridad mayor.

3. SISTEMA NACIONAL INTERCONECTADO

El sistema nacional interconectado esta integrado por un conjunto de instalaciones, centrales generadoras, subestaciones, líneas de transmisión, redes de distribución, y en general por la infraestructura eléctrica propiedad del INDE, de la EGGSA, EE, los GP y los cogeneradores, instalada en la república de Guatemala y destinado a la prestación del servicio publico de la energía eléctrica, en la forma y términos establecidos en los ordenamientos legales sobre la materia. La componente fundamental de S.N.I. es la red troncal, constituida por el conjunto de centrales generadoras, líneas de transmisión, subestaciones y transformadores, que debido a su función principal de generar e interconectar las principales instalaciones y a su ubicación estratégica, se considera de importancia vital para el sistema nacional interconectado.

Las líneas de subtransmisión y distribución en conjunto con el resto de subestaciones y transformadores, coadyuvan al transporte del fluido eléctrico.

El sistema nacional interconectado tiene como finalidad primordial, proporcionar a los usuarios actuales y potenciales, un servicio publico de energía eléctrica que cumpla los objetivos básicos de seguridad, continuidad, calidad y economía, entendiéndose estos objetivos para fines de este reglamento, como se indica a continuación:

- **Continuidad:** la acción de suministrar ininterrumpidamente el servicio de energía eléctrica a los usuarios de acuerdo a normas legales y reglamentos vigentes aplicables.

- **Calidad:** la condición de tensión y frecuencia de servicio eléctrico de acuerdo a normas legales y reglamentos vigentes aplicables.
- **Economía:** el uso óptimo de los recursos considerando las unidades generadoras más convenientes en cada momento y la asignación de la potencia más adecuada según la disponibilidad, el costo y el consumo de combustible utilizado y las pérdidas de energía en la transmisión.
- **Seguridad:** habilidad del sistema a soportar contingencias no planeadas por la misma degradación en los valores de frecuencia, voltaje, flujos de potencia y posiciones angulares permitidos.

Para la red del INDE-ETCEE, se cuenta con 76 subestaciones de transformación: 61 de 69 kV, 8 de 230 kV y 7 de 138 kV y líneas de transmisión de 230 kV, 138 kV y de 69 kV. Los dos primeros voltajes cumplen funciones de transmisión debido a que enlazan las plantas de generación con los grandes centros de consumo así como las importaciones-exportaciones. Por su parte las líneas de 69 kV, en su mayor parte cumplen funciones de subtransmisión y distribución. En total se tienen 5,499.2 Km. de líneas.

3.1 Centro de distribución

Dentro del INDE-ETCEE se divide en tres regiones el S.N.I., como se verán a continuación: Para el sistema de la región occidental se tiene como sede la subestación La Esperanza ubicada en Quetzaltenango, para el sistema de la región oriental con sede en la subestación de Panaluya ubicada en Río Hondo, Zacapa y para la región central con sede en las subestaciones de Guate Sur y Guate Norte en la capital.

Dentro de los anexos podremos apreciar el mapa de donde se ubican las diferentes subestaciones eléctricas, así como de las líneas de transmisión que conforman el S.N.I. y las proyecciones que se tienen a futuro de parte de ETCEE-INDE, como por ejemplo ampliaciones de las ya existentes o construcción de nuevas tanto para subestaciones como para líneas de transmisión.

También podremos apreciar dos tablas donde se detalla la ubicación, el nivel de transformación, configuración y el nivel de voltaje de las diferentes subestaciones eléctricas y líneas de transmisión que constituyen el S.N.I., para la red de INDE-ETCEE, respectivamente.

4. ASPECTOS GEOGRÁFICOS DE DONDE SE UBICAN LAS DIFERENTES SUBESTACIONES Y LÍNEAS DE TRANSMISIÓN DE ETCEE-INDE

La república de Guatemala esta situada en el centro del continente americano, entre los 14 y 18° de latitud norte y los 88 y 92° de longitud oeste. Es el mas septentrional de los países centroamericanos, esta ubicado en el extremo noroccidental de la región y limita al norte y al oeste con México; al este con Belice, el mar Caribe, Honduras y El Salvador; y al sur con el océano Pacifico.

Con sus 108,889 Km², Guatemala es el tercer país de Centroamérica, después de Nicaragua y Honduras. Sin embargo, en número de población, con 8,331,874 habitantes (censo de 1994), ocupa el primer lugar. Su capital es la ciudad de Guatemala con 823,301 habitantes (censo de 1994), y constituye también la ciudad más grande de Centroamérica.

4.1 Las regiones fisiográficas

El territorio de Guatemala, según sus características geomorfológicas más específicas, se dividen en:

- La Plataforma de Yucatán se encuentra en el extremo norte del país, comprende parte de Peten y esta asociada a la península de Yucatán, en México. El material geológico de esta región esta constituida por sedimentos aluviales, marinos y aluviones cuaternarios.

- La región del Cinturón plegado del Lacandón, conocida como «Arco de La Libertad», en Peten, incluye macizos montañosos, lagunas y llanuras aluviales y es el resultado de plegamientos que se presentan en intervalos cortos. Los estratos de la zona son de roca caliza y dolomitas. Además, pueden observarse pequeños cerros redondeados de origen calcáreo.
- La Planicie baja interior de Peten se caracteriza por un paisaje de llanuras aluviales formadas por los sedimentos de los ríos que se originan en la sierra de Chamá, con una topografía que pasa de plana a suavemente ondulada, con alturas menores a doscientos metros sobre el nivel del mar.

4.2 El clima

Es el conjunto de fenómenos meteorológicos que determinan el estado medio de la atmósfera de un lugar. Los elementos que definen el clima son la temperatura del aire, la presión atmosférica, los vientos dominantes, la humedad y la lluvia. Estos elementos son modificados por factores geográficos, como son principalmente la latitud, la altitud, el tipo de relieve, la distancia al mar, los vientos locales y la vegetación.

Aunque la variación local del clima en Guatemala es significativa, a partir de su posición geográfica se puede identificar un cuadro global que define las características principales.

4.2.1 Régimen térmico, régimen pluvial y vientos

Según la temperatura media normal (TMN), predominan en Guatemala regimenes térmicos cálidos (superior a 20 °C) y templados (entre 10 y 20 °C).

El régimen térmico del área metropolitana es representativo para la extensa área central del territorio nacional, cuyo clima ha dado lugar a que Guatemala sea conocido como el país de la «eterna primavera»: su temperatura media normal es de 18.2 °C, la media mas baja es de 16.4 °C, la media mas alta es de 19.7 °C, y los promedios de las temperaturas máximas y mínimas anuales son de 24.8 y 13.9 °C, respectivamente.

Debido a su posición en la zona de convergencia intertropical (ITCZ), las estaciones del año se marcan en Guatemala por el régimen pluvial, que esta definido por dos grandes periodos: la época lluviosa, de mayo a octubre, y la época seca, que se prolonga de noviembre a abril.

Durante más de una década la precipitación promedio anual en el territorio guatemalteco ha sido de 2,218 mm. La humedad relativa media anual se encuentra entre el setenta y el ochenta por ciento. El mes más húmedo del año es junio, y el más seco, marzo.

Un elemento predominante del clima en Guatemala es la influencia de los vientos alisios del nordeste, que se originan aproximadamente a los treinta grados de latitud norte, en la zona de las altas presiones subtropicales.

La intensidad máxima de los vientos en Guatemala normalmente no sobrepasa lo 75 u 80 Km por hora.

4.2.2 La diversidad local del clima

Los elementos que determinan el clima de Guatemala, de acuerdo con su posición latitudinal, se modifican por factores geográficos locales, dando lugar a una amplia gama de expresiones climáticas específicas.

Además de la existencia de sistemas locales de vientos, las mayores variaciones se manifiestan en las temperaturas y en el comportamiento pluvial, debido ante todo a las diferentes formas del relieve, a los vientos predominantes (alisios) y a la presencia de dos litorales distintos.

- Tierra caliente: de 0 hasta 600 m sobre el nivel del mar, y con temperaturas medias superiores a 24 °C.
- Tierra templada: de 600 hasta 1,800 m sobre el nivel del mar, y con temperaturas medias entre 16 y 23 °C.
- Tierra fría: de 1,800 hasta 3,000 m sobre el nivel del mar, y con temperaturas medias inferiores a 16 °C.
- Tierra helada: a partir de 3,000 m sobre el nivel del mar, donde entre diciembre y marzo se presentan con regularidad heladas con temperaturas por debajo de 0°C.

4.2.3 Vientos locales

En varias regiones de Guatemala se registran sistemas locales de circulación de vientos. Se trata, por ejemplo, de las brisas mar-tierra en la costa del Pacífico o de brisas montaña-valle en las regiones altas. también en algunas cuencas importantes del país se originan vientos que soplan en forma paralela al curso del río, como es el caso del río Motagua en su parte baja o del río Polochic hacia la cañada que forman la sierra de Las Minas y la sierra de Chamá.

4.2.4 Las variaciones de la temperatura

En las zonas situadas a una misma latitud, las temperaturas en lugares bajos son mas calientes que en los elevados.

Este fenómeno se debe al hecho de que la atmósfera se calienta de abajo hacia arriba. Asimismo, a mayor altura la capa de aire es más delgada y seca, es decir, con menor capacidad para absorber el calor.

El gradiente térmico medio para Guatemala, basado en la clasificación del clima de Thornthwaite, es de 176 m por 1 °C, es decir, con cada 176 m de altura sobre el nivel del mar, la temperatura media desciende en 1 °C. Las temperaturas medias al nivel del mar, como punto de partida, son las siguientes para los dos litorales presentes en el país: 27 °C en la costa del Pacífico y 28.2 °C en la bahía de Amatique (Atlántico), alcanzando en los meses de abril y agosto valores de 30 °C y 31.5 °C, respectivamente.

4.2.5 Las variaciones pluviales

También el régimen de lluvia varía dentro de un amplio espectro de valores en las diferentes regiones de Guatemala: en términos de precipitación anual entre 400 y más de 4,000 mm, y por días de lluvia al año entre 45 y más de 200.

La lluvia siempre se origina por un enfrentamiento del aire y por la presencia de grandes cantidades de vapor de agua (humedad) que proceden de los mares, lagos y ríos, pero también de zonas con vegetación espesa. Este proceso de enfriamiento puede tener diversos orígenes; de acuerdo con ello se habla de tres tipos principales de lluvias: de convección, de relieve y de frente. En Guatemala se presentan todos estos tipos de lluvia, aunque con grandes variaciones en su intensidad y distribución territorial.

Las lluvias más comunes en Guatemala son las de convección. Ocurren casi todos los días en las zonas tórridas de la Tierra durante la época de mayor calentamiento, marcando la estación lluviosa.

Las lluvias en relieve u orográficas se producen en las regiones cercanas a las costas, siempre y cuando existan montañas paralelas y vientos que soplen tierra adentro.

Estas también se producen, aunque no de forma tan constante como en la zona costera del Atlántico, a causa de sistemas locales de vientos.

5. ESPECIFICACIÓN GENERAL PARA DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE SUBESTACIONES

Estas especificaciones nos servirán de referencia para el diseño, construcción o ampliación de subestaciones dentro de la red de ETCEE-INDE.

5.1 Generalidades

El diseño, construcción o ampliación de subestaciones deberán de cumplir con las siguientes especificaciones.

5.1.1 Objetivo

Esta Especificación tiene por objetivo establecer las disposiciones, criterios y requerimientos mínimos para el diseño y construcción de las subestaciones de la Empresa de Transporte y Control de Energía Eléctrica de INDE (ETCEE-INDE). Lo anterior implica que el constructor es responsable de corregir y adaptar adecuadamente los defectos que se encuentren en la planificación, diseño, construcción prevista y equipamiento que no estén de acuerdo con los conceptos de esta especificación, garantizando siempre la funcionalidad de la instalación, la seguridad de las personas y bienes así como la calidad del servicio.

5.1.2 Campo de aplicación

Esta especificación es aplicable al diseño y construcción de subestaciones de potencia con tensiones nominales máximas de 69, 138, 230 y 400 kV para obras nuevas o ampliaciones.

5.1.3 Materiales y equipos

En las subestaciones eléctricas de ETCEE, deberán utilizarse materiales y equipos que cumplan con las normas nacionales y/o internacionales vigentes correspondientes tales como las normas ASCE, AISC, ASTM, ANSI o IEC. Estos materiales y equipos deberán resistir y soportar las condiciones mínimas operativas climáticas y ambientales, tales como salinidad, polución, vientos fuertes, etc., que garanticen la calidad del servicio. En todo caso entre la normativa nacional y la internacional aplicable se ha de cumplir con aquella norma que sea más exigente.

5.1.4 Sistema de medida

Para los valores numéricos requeridos por estas Especificaciones debe utilizarse el Sistema Internacional de Unidades, S.I. En caso de emplearse otro sistema de medida, se deberán incluir ambos indicándose los correspondientes equivalentes para cada caso.

5.1.5 Impacto ambiental

Procédase de acuerdo a lo indicado en La Ley General de Electricidad y por Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales y su Reglamento.

5.1.6 Definiciones y acrónimos

Para la definición de términos y acrónimos utilizados en esta especificación referirse al **apéndice, DEFINICIONES Y ACRÓNIMOS**.

5.2 Especificaciones de diseño subestaciones

Estas especificaciones deberán de cumplir los requisitos mínimos que a continuación se detallaran:

5.2.1 Criterios generales de diseño eléctrico

Estos criterios deben de estar apegados a las normas nacionales e internacionales existentes dentro del país, para el diseño eléctrico de una subestación en construcción o en ampliación.

5.2.1.1 Diagrama unifilar de potencia, protección, control y medición

Se debe suministrar el diagrama unifilar de potencia, protección, control y medición del Proyecto Completo, tomando como base lo indicado en la última versión de las normas IEC 68 PT.1, 68 PT.2-2,3,6, 255 PT.4,5,6, 801 PT.2,3 ANSI C37.1C37.20 C37.90; EIA407-A; SS 436-I 5-03 y el diagrama simplificado que suministre o autorice INDE.

Este diagrama debe indicar en forma clara los siguientes conceptos:

- a) Interconexión de equipos:** Interconexión del equipo primario y de comunicaciones, interruptores, transformadores de potencia, cuchillas desconectadoras, transformadores de corriente y voltaje, pararrayos, etc.

- b) Nomenclatura:** Nomenclatura de interruptores, cuchillas y destinos de las líneas.
- c) Datos de transformadores para medición:** Relaciones de transformación, polaridades, cantidad de devanados secundarios y conexión secundaria de los transformadores de corriente y de voltaje, así como sus interconexiones con los equipos de protección y medición.
- d) Relevadores:** Los relés de protección y los principales relés auxiliares, indicando disparos, cierres, disparos transferidos y alarmas.
- e) Ampliaciones:** Cuando se trate de ampliaciones a obras en operación, el diagrama unifilar debe indicar tanto la etapa existente como la ampliación. Cuando corresponda a sus subestaciones, INDE dará las facilidades para que se realice los levantamientos necesarios para integrar dicha información.

5.2.1.2 Arreglo general

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

- a) Referente al predio**
 - i.** Dimensiones del predio.
 - ii.** Orientación geográfica de cada uno de los lados, y norte astronómico.
 - iii.** Croquis de localización del sitio en el vértice superior derecho del plano.
 - iv.** Caminos de acceso, distancias a las vías de comunicación más cercanas, oleoductos o gasoductos, limitando áreas internas y accesos.

b) Referente al arreglo de la subestación

- i. Llegadas y salidas de líneas de transmisión.
- ii. 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/o relevadores, edificios SF6, planta de emergencia, etc.

5.2.1.3 Servicios propios

Para las subestaciones de 400, 230, 138 y 69 Kv, debe tomarse en cuenta lo expresado en el los **LINEAMIENTOS GENERALES PARA DISEÑO ELÉCTRICO DE LOS SERVICIOS PROPIOS DE SUBESTACIONES DE POTENCIA** que posee el INDE.

a) Obras nuevas

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

- i. Corriente Alterna: 3 fases 4 hilos 120/240 VCA.
- ii. Corriente Directa: 125 VCD, 48 VCD. y/o 12 VCD.

b) Obras existentes

Para las ampliaciones de obras se usarán las tensiones existentes.

De acuerdo con lo anterior, se 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.

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

5.2.1.4 Disposición de equipo

Con base en el Diagrama Unifilar Simplificado y al Arreglo General, se 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/o relevadores, edificios SF6, caseta para planta de emergencia, etc.

Los planos de Disposición de Equipo se realizarán de acuerdo con lo establecido en las normas CEI 60-1 y 2, CEI 71-1, 2 y 3 CEI 721-3 y CEI 815 y lo que indique la norma NTDOID de CNEE.

5.2.1.5 Isométrico con cargas

Con base en la disposición de equipo solicitada, se debe elaborar a escala el plano isométrico con cargas del proyecto, en el cual se muestren las estructuras metálicas de la subestación a 30 grados 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.

5.2.1.6 Flechas y tensiones

Deben realizarse 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 y debe tomarse en cuenta carga de hielo donde aplique y presión del viento.

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

Se 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.

5.2.1.7 Arreglo de la caseta de control y/o relevadores

Se indicará en el plano de la caseta el arreglo de:

- a) **Gabinetes y tableros:** Gabinetes de borneras, 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, etc. 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.
- b) **Entradas de cables:** La entrada de cables de control se realizará a través de un gabinete de borneras 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 deberán ir directamente del centro de carga al equipo. La entrada de los cables de control y fuerza a la caseta debe sellarse con material no inflamable resistente y de fácil remoción.

c) Alumbrado

- i. El alumbrado interior de la caseta debe tener un nivel de iluminación de 300 luxes como mínimo.
- ii. Los diversos circuitos de alumbrado pueden alojarse en el tablero de servicios propios o en un tablero de alumbrado independiente.

d) Aire acondicionado: El aire acondicionado debe calcularse para obtener dentro de la caseta una temperatura de confort de 25 °C y una humedad relativa de 50%.

e) Las caseta locales de relevadores: Se usan principalmente en subestaciones de 400 kV y de 230 y se interconectan con la caseta principal de control. En estas casetas se instalarán los equipos de protección, comunicaciones, control supervisorio y servicios propios de C.A. y C.D que correspondan exclusivamente al área de cobertura de estas casetas debiendo conectarse con los elementos principales existentes en la caseta principal.

f) 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.

5.2.1.8 Red de tierras

Se debe calcular el sistema de tierras de acuerdo a lo indicado en CNEE-47, Normas Técnicas de Diseño y Operación de las Instalaciones de Distribución, NTDOID de la Comisión Nacional de Energía Eléctrica (CNEE), además de cumplir con las siguientes características:

- a) **Calibre mínimo de conductor de tierra**
4/0 AWG (cobre)
- b) **Tensión Máxima de Paso:**
60 Volts/*120 Volts.
** Cuando la falla se elimine en un período de un segundo.*
- c) **Tensión Máxima de Contacto:**
**60 Volts/120 Volts.
*** Cuando no se prevé la eliminación rápida de una falla de línea a tierra.*
- d) **Memoria de cálculo:** Se debe elaborar memoria de calculo de todos los aspectos relevantes de la instalación, que indique y respalde los valores de:
- i. Tensión máxima de paso
 - ii. Tensión máxima de contacto
 - iii. Tensión máxima de elevación de la red
 - iv. Resistencia máxima de la red.
- e) **Conectores:** Serán del tipo soldado y se deben efectuar en 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:** Se debe evitar la existencia de tensiones transferidas.
- g) **Materiales a utilizar:** Se debe proporcionar una lista de los materiales a suministrar.
- h) **Conductores de tierra en las canaletas:** A todo lo largo de las canaletas, y a ambos lados de la sección de cable de control blindado en su porción superior interior, se deberán instalar dos cables de cobre desnudo calibre 2/0 AWG cuyos extremos se deberán conectar a la red de tierras.

- i) **Planos:** Se debe proporcionar un plano donde se indique el sistema de tierras, registros, detalles de conexión, etc., con sus respectivas acotaciones y escala.
- j) **Ampliación de redes existentes:** 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.

5.2.1.9 Canaletas, ductos y registros

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

a) Canaletas

- i. Las canaletas 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.
- ii. Cada canaleta deberá contar con dos secciones, una que servirá para canalizar el cableado de protección, control y comunicaciones (cable de control), y otra para canalizar el cableado de fuerza (cable de fuerza).
- iii. Para canalizar el cableado de una subestación se deben emplear algunos de los tipos de canaletas que se describen a continuación:

01 Canaleta Tipo I:

- 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.

02 Canaleta Tipo II:

- 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.

03 Canaleta Tipo III:

- 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.

04 Canaleta Tipo IV:

- 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.

iv. Utilización

01 Para canalizar el cableado en ramales principales, se deben emplear las canaletas tipo II o IV, en tanto que para canalizar el cableado en ramales derivados, se deben emplear las canaletas tipo I y III.

02 Con base en el plano de Disposición de Equipo, se debe seleccionar las trayectorias más adecuadas de las canaletas considerando que éstas no crucen por áreas destinadas para ampliaciones futuras.

- 03** El trazo de las trayectorias y canaletas debe ser en tramos rectos, cuidando que nos sea en paralelo a las barras de potencia y los cambios de dirección deben ser entre 45 y 60 grados preferentemente, respetando el radio de curvatura de los conductores.
- 04** Con base en la disposición de equipo se debe seleccionar las trayectorias más adecuadas; considerando los tipos de canaletas especificados por INDE. El diseño debe considerar que la canalización del cableado del equipo primario con las canaletas es a través de ductos y registros.
- b) Ductos:** También se canalizan los cables de control y fuerza, cables de energía, cables de potencia, cables de fibra óptica así como los cables dieléctricos, por medio de ductos o bancos de ductos; el número y el diámetro de ductos dependerá 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.
- c) Registros:** Los registros sirven para interconectar ductos con canaletas, permitir conexiones del equipo primario en baja tensión, las dimensiones interiores de estos registros son de 50x50x50 cm. En alta tensión para facilitar la construcción de empalmes de conductores de potencia, su revisión e inspección de acuerdo a lo establecido en las normas aplicables.

5.2.1.10 Herrajes, conectores, conductores y aisladores

Se utilizará los herrajes y conectores bimetálicos adecuados a los equipos eléctricos primarios que proponga en su alcance de suministro, debiendo utilizar los ensambles normalizados, así como herrajes y conectores libres de efecto corona. Se deberá 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 instalarán en las barras dos conductores por fase tipo ACSR calibre 1113 kCM; lo anterior también es aplicable en 138 kV cuando ésta sea la tensión del secundario.

En las subestaciones de 138 kV, y cuando ésta sea la tensión del primario, se instalará en las barras un conductor por fase tipo ACSR calibre 795 kCM.

Se debe presentar una lista de los materiales y los ensambles correspondientes.

5.2.1.11 Cableado de subestaciones

En la siguiente tabla se detallan los criterios para el cableado que deberá colocarse dentro de la subestación.

Tabla I Los criterios para cableado de subestaciones

TIPO DE CABLE	APLICACIÓN
4 # 14 AWG. CB	De TPI's o TPC's a caseta de control
6 # 14 AWG. CB	Interconexiones entre fases de TPI's o TPC's de 400, 230 y 138 kV
4 # 10 AWG. CB	De TC's 400, 230 y 138 kV a caseta de control
6 # 10 AWG. CB	Interconexiones entre fases de TC's de 138, 230 y 400 kV
2 # 10 AWG	Interconexiones en caseta de control (servicios propios)
4 # 10 AWG	Cierre y disparo No. 1 interruptores 230 kV Disparo No. 2 interruptores 230 y 138 kV Interconexiones en caseta control
6 # 10 AWG	Disparo monopolar bobina No. 1 interruptores 400 kV Disparo monopolar bobina No. 2 interruptores 400 kV
2 # 14 AWG	Control de cuchillas 230 y 138 kV Interconexiones en caseta de control
4 # 14 AWG	Interconexiones entre fases de bancos Interconexiones en caseta control
7 # 14 AWG	Alarmas y señalización Control de cuchillas 230 y 138 kV Interconexiones entre fases de bancos Interconexiones en caseta de control Interconexiones entre fases de cuchillas e interruptores 230 y 138 kV
10 # 14 AWG	Interconexiones entre fases de bancos Interconexiones en caseta de control Gabinete centralizador de bancos de potencia a caseta de control
4 # 14 AWG	Interconexiones en caseta de control
16 # 18 AWG	Interconexiones en caseta de control
CB: Cable con Pantalla de Blindaje TPI = Transformadores de Potencial Inductivos TPC: Transformadores de potencial Capacitivos TC: Transformadores de Corriente	

Fuente: Elaboración propia

5.2.1.12 Alumbrado exterior

Los criterios de diseño para alumbrado son los siguientes:

- a) **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.
- b) **Tipo de unidades:** Deben emplearse unidades de vapor de sodio o aditivos metálicos con una potencia mínima de 250 Watts o 400 Watts, respectivamente, a 220 VCA.
- c) **Ubicación de los reflectores:** Los reflectores deben distribuirse convenientemente en el área de la subestación, formando circuitos con una potencia máxima de 2000 a 2400 Watts.
- d) **Control del alumbrado:** El alumbrado debe ser controlado en forma manual y automática.
- e) **La caída de tensión máxima:** La caída de tensión máxima permitida en los circuitos de alumbrado es de 3%.
- f) **Altura de montaje de lámparas:** La altura de montaje de la lámpara debe ser la recomendada por el fabricante teniendo en cuenta el mantenimiento de la misma.
- g) **Alimentación:** La alimentación de las unidades se realizará con conductores alojados en tubos conduit.
- h) **Planos:** Se debe proporcionar un plano del alumbrado exterior, el cual mostrará la ubicación de las lámparas en las bahías mediante símbolos normalizados de INDE, 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. Se debe presentar una lista de los materiales y equipos empleados.

- i) **Iluminación de seguridad:** En cuanto al sistema de iluminación de seguridad, su diseño deberá apegarse a lo indicado en el los **“LINEAMIENTOS GENERALES PARA SISTEMAS INTEGRALES DE SEGURIDAD FÍSICA PARA SUBESTACIONES”**, así como a lo establecido en las Características Particulares de cada proyecto.

5.2.1.13 Sistemas contra incendio

El diseño de los sistemas contra incendio deberá apegarse a lo establecido en ASTM C719, E84, E814; IEEE 80, 979, C37.122; NFPA 10, 12, 13, 15, 70, 72, 80, 101, 231, 252, 851; UL 1479, 2979 , con base en los alcances indicados en las Características Particulares de cada proyecto.

5.2.1.14 Planos de diseño e instructivos de equipo

Para su información, revisión y comentarios, se debe proporcionar a INDE 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 voltaje, cuchillas seccionadoras, pararrayos, tableros de protección, control y medición, tableros de servicios propios, unidades terminales remotas y equipos de comunicación. Asimismo, se debe proporcionar tres juegos de instructivos de operación y mantenimiento de todos y cada uno de los equipos que integran el alcance de suministro del Proyecto completo. Los planos de equipo primario y materiales deberán presentarse a INDE con la aprobación de sus respectivos subproveedores.

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

a) Escalas

- i. Croquis de localización 1:50,000
- ii. Arreglo general: 1:500 ó 1:750
- iii. Disposición de equipos: 1:200 ó 1:250

b) Dimensiones

- i. Como máximo 90 x 130 cm., dependiendo del concepto que se represente.
- ii. 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) Identificación: Cada plano debe llevar dibujado un cuadro en el margen inferior derecho que identifique la actividad de diseño, ya sea eléctrico, civil o colectivo respectivamente, debiéndose incluir la siguiente leyenda: *“Propiedad de INDE, prohibida su reproducción parcial o total”*.

d) Presentación: Para su información, revisión y comentarios, los planos (copias heliográficas) deben presentarse doblados en tamaño carta y encarpetados.

Una vez revisados los planos definitivos, se debe entregar a la INDE 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 14 o superior.

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

6.3 Criterios generales de diseño civil

Para el desarrollo del diseño civil de subestaciones eléctricas se deben considerar las siguientes especificaciones y conceptos: el estudio geotécnico elaborado para el proyecto basado en los **“LINEAMIENTOS GENERALES PARA ELABORACIÓN DE ESTUDIOS GEOTÉCNICOS EN SUBESTACIONES”**, **“LINEAMIENTOS GENERALES PARA DISEÑO DE CIMENTACIONES EN SUBESTACIONES”** Y **“LINEAMIENTOS GENERALES PARA DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PLATAFORMAS Y CAMINOS INTERIORES EN SUBESTACIONES”**, la 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 las Normas ASTM y ACI, 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 INDE los estudios geotécnicos, topográficos y otros inherentes a la Obra. Cuando estos estudios sean proporcionados por INDE, sólo deben considerarse 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.

5.3.1 Terracerías

De acuerdo con 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 minimizar 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 lo indicado en los **“LINEAMIENTOS GENERALES DE DISEÑO DE PLATAFORMAS Y CAMINOS INTERIORES EN SUBESTACIONES”** Y **“LINEAMIENTOS GENERALES PARA EL DISEÑO DE CIMENTACIONES EN SUBESTACIONES”** del INDE, las terracerías deben incluir los trabajos de desmonte y despalde correspondientes. Las terracerías para ampliaciones futuras sólo deben considerarse por indicación expresa de INDE.

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

- a) **Plataformas:** 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, etc., 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) Saneamiento del terreno:** Se debe ejecutar las acciones de saneamiento del terreno para desplante de terraplenes y cimentaciones, que sean requeridas.
- c) Relación alto-ancho en taludes y terraplenes:** Los taludes de los terraplenes quedarán 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 podrán utilizarse relaciones alto-ancho diferente. Ya sea con las relaciones alto-ancho definido al inicio de este inciso o bien con las que resulten en algún caso especial en el diseño de los taludes se deberá 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.
- d) Protección de taludes:** Los taludes se protegerán 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 $f'c = 19.6$ MPa (200 kg/cm²) 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 será 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 deberá ser sometida a la consideración de INDE.

e) Compactación de terracería

- i. Las terracerías se compactarán en todo el espesor del terraplén en capas de 20 cm. de espesor al 95% de la prueba Proctor.
- ii. Posteriormente a la compactación, se aplicará un tratamiento consistente en una capa de 5 cm. de espesor que podrá ser de mezcla cemento-arena en proporción 1:8, cal-arena en proporción 1:5 ó 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.

f) Muros de contención: Cuando se requiera la construcción de muros de contención éstos se diseñaran por estabilidad, y deberán contar con un sistema de drenaje y en caso de requerirse, subdrenaje. Su construcción será con piedra braza junteada con cemento arena con una proporción de 1:5 o de concreto armado $f'c = 19.6 \text{ MPa}$ (200 kg/cm^2) y acero de refuerzo $Fy = 411.6 \text{ MPa}$ (4200 kg/cm^2). Cuando las características de los muros de contención requieran de medidas de estabilización y/o drenaje o de materiales distintos a los anteriores, la propuesta de solución deberá ser sometida a la consideración de INDE.

g) Suelos compresibles: Para el caso de suelos compresibles se deberán analizar los asentamientos totales y diferenciales provocados por peso propio y las sobrecargas impuestas.

h) Planos de diseño: Los planos de diseño del proyecto incluirán: 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.

5.3.2 Barda perimetral

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

- a) Requerimientos básicos:** Cumplir con lo establecido en los **LINEAMIENTOS GENERALES PARA SISTEMAS INTEGRALES DE SEGURIDAD FÍSICA PARA SUBESTACIONES** del INDE. El tipo de barda y en su caso el diseño arquitectónico especial se especificarán en las características particulares.
- b) 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 “Para Diseño de Cimentaciones en Subestaciones”, así como lo expuesto en la Norma NTDOID de la CNEE.
- c) Concreto a emplear:** La resistencia del concreto a utilizar será de $f'c = 19.6 \text{ MPa}$ (200 kg/cm^2) y del acero de refuerzo de $Fy = 411.6 \text{ MPa}$ (4200 kg/cm^2).

- d) Puertas de acceso:** En el diseño de la barda se deberá prever la instalación de puertas de acceso conforme a lo establecido en los **“LINEAMIENTOS Y ESPECIFICACIONES GENERALES DE SISTEMAS INTEGRALES DE SEGURIDAD FÍSICA PARA SUBESTACIONES”** del INDE. El tipo de puerta a emplear se especifica en las características particulares.

5.3.3 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) Requisitos mínimos:** 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) Diseño:** El pavimento del camino de acceso a la subestación debe diseñarse de acuerdo con lo que indique la Dirección General de Caminos del Ministerio de comunicaciones y Obras Públicas en lo referente a caminos vecinales incluyendo pendiente transversal (bombeo), cunetas, contra cunetas, guarniciones, señalización y las obras de arte que se requieran de acuerdo con las características topográficas y pluviales del sitio.

- c) Carriles de cambio de velocidad:** 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 DGC-MCOP. 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.

5.3.4 Caminos interiores

Los caminos interiores son las vías que se construirán en el interior del predio de la subestación, y cuyo propósito es el tránsito para supervisión, mantenimiento y maniobras, los cuales deben cumplir con lo indicado en los **“LINEAMIENTOS GENERALES PARA DISEÑO DE PLATAFORMAS Y CAMINOS INTERIORES”** del INDE.

Los caminos interiores se clasifican en: caminos principales, caminos perimetrales y caminos de mantenimiento como se indica en la figura No.15 y se describen a continuación:

- 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.

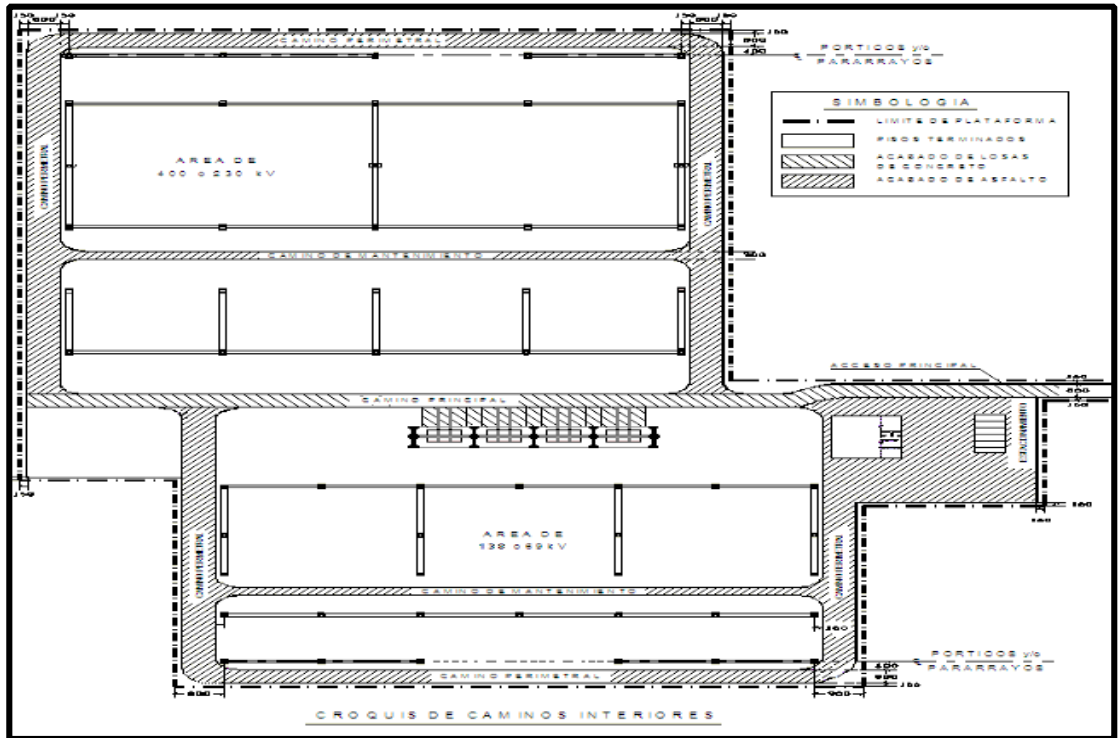
En su diseño se debe considerar el tránsito de un camión de cama baja que transporte el equipo de transformación o banco de reactores mas pesados, con un ancho mínimo de 6 m. Los caminos principales se deben diseñar con losas de concreto armado.

- 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 INDE 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 será 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) Lineamientos de diseño:** Los caminos interiores deben garantizar un tránsito confiable y seguro en cualquier época del año, para lo cual deberán diseñarse con base en los siguientes lineamientos:
 - i. Tener radios de curvatura adecuados
 - ii. 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.

- iii. Cuando los caminos interiores crucen con ductos o canaletas, éstos deberán diseñarse con pasos vehiculares de pendiente suave, considerando que el ancho del camino no apoye sobre los ductos o canaletas.
- iv. 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 los **“LINEAMIENTOS GENERALES PARA EL DISEÑO DE PLATAFORMAS Y CAMINOS INTERIORES EN SUBESTACIONES”** del INDE.
- v. Para los caminos interiores cuyo acabado sea con losas de concreto armado, éstas deben tener un espesor mínimo de 10 cm., con un $f'c = 19.6 \text{ MPa}$ (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.

Figura 15 Croquis de caminos interiores dentro de una subestación eléctrica



Fuente: División de planeación e ingeniería de ETCEE-INDE

5.3.5 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) Materiales a emplear

- i. 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 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.
- ii. 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 6x6/10-10 y conectadas al sistema de tierras. La pendiente de los pisos hacia los registros de drenaje debe ser del 2 %.

5.3.6 Estructuras mayores

Son aquellos elementos estructurales que sujetan y soportan las barras, buses transversales y cables de guarda de la subestación; estructuras (marcos), para recibir acometidas de circuitos externos, 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 lo establecido en la Norma NTDOID de CNEE, con la reglamentación nacional vigente y aplicable en el sitio de la obra y con el reglamento ACI-318.

Los perfiles para las estructuras metálicas deberán ser de celosía a base de ángulos o de alma llena (placas soldadas). Para subestaciones de bajo perfil las estructuras serán a base de canales y ángulos; las uniones entre sus miembros pueden ser soldadas en fábrica o atornilladas. Todas las estructuras mayores y su tornillería deberán ser extra 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.

5.3.7 Estructuras menores

Las estructuras menores son los elementos estructurales que soportan los equipos primarios y materiales de instalación permanente como son: transformadores de instrumento, pararrayos, 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) Distancias de seguridad mínimas

- i. Para el nivel de 400 kV: 7,0 metros entre partes vivas y piso, y 2,5 metros entre la parte inferior de los aisladores y el piso;
- ii. Para el nivel de 230 kV: 5,2 metros entre partes vivas y piso, y 2,3 metros entre la parte inferior de los aisladores y el piso;
- iii. Para el nivel de 138 kV: 4,2 metros entre partes vivas y piso, y 2,3 metros entre la parte inferior de los aisladores y el piso.
- iv. Para el nivel de 69 kV y menores: 3,0 metros entre partes vivas y piso, y 2,3 metros entre la parte inferior de los aisladores y el piso.

b) Parámetros de diseño: 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 lo estipulado por las normas de CNEE y el reglamento ACI-318.

c) Tipos de estructuras

Las estructuras menores pueden ser:

- i. **Metálicas**, ya sea de celosía con perfiles de ángulo o tubulares, en ambos casos con acabado extra-galvanizado;

- ii. **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.

5.3.8 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.

- a) **Lineamientos para diseño:** Estas cimentaciones se deben diseñar con base en los siguientes lineamientos:
 - i. El diseño se hará con apego a lo establecido en las especificaciones del proyecto, la reglamentación mencionada y en los **LINEAMIENTOS GENERALES PARA DISEÑO DE PLATAFORMAS Y CAMINOS INTERIORES EN SUBESTACIONES** del INDE, considerando adicionalmente las recomendaciones y resultados del estudio geotécnico del sitio donde se localizará la Obra. Dicho estudio se hará con base en lo establecido en los **LINEAMIENTOS GENERALES PARA ELABORACIÓN DE ESTUDIOS GEOTÉCNICOS EN SUBESTACIONES** del INDE.
 - ii. 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.

- iii. La resistencia del concreto a utilizar debe ser de $f'c = 24.5$ MPa (250 kg/cm^2) el acero de refuerzo empleado debe tener una resistencia $Fy = 411.6$ MPa (4200 kg/cm^2).
- iv. 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.
- v. Los anclajes en las cimentaciones para sujetar a las estructuras se deben diseñar con acero redondo estructural liso ASTM tipo A-36 estándar con acabado extra galvanizado.
- vi. Con base en las características constructivas y operativas, peso y dimensiones de los transformadores y/o 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 deberán contar con una fosa de captación de aceite, cuyo propósito sea la captación inmediata de fugas de aceite sin que éste se derrame.
- vii. Con el propósito de facilitar las labores de maniobra y acceso de cada transformador y/o reactor de potencia a su respectivo cimiento, se incluirá –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.

5.3.9 Cimentaciones para estructuras menores

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

Las cimentaciones para estructuras menores se deben diseñar con base en los lineamientos establecidos para las 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).

5.3.10 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 internas o externas.

Por su utilización, los edificios y casetas se clasifican en: casetas de control, edificios de subestaciones aisladas en gas SF₆, casetas de relevadores, casetas de tableros tipo Metal-Clad, casetas distribuidas, casetas para planta de generación tipo diesel y casetas de vigilancia.

- a) **Lineamientos para diseño:** Las casetas y edificios se deben diseñar con apego a los siguientes puntos:
- i. En relación a la prevención, control y extinción de incendios se debe cumplir con lo establecido en las normas ACI 313M/318RM; AISC-S3336; ASTM-A36M, A242M, A325M, A490M, 563M y, en lo aplicable, con lo que se establece en los **LINEAMIENTOS GENERALES PARA PREVENCIÓN, CONTROL Y EXTINCIÓN DE INCENDIOS EN SUBESTACIONES** del INDE, atendiendo adicionalmente los requerimientos del proyecto electromecánico, como son dimensiones y peso de equipos y tableros, detalles de anclajes, etc.
 - ii. 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 y lo expresado en los “**LINEAMIENTOS GENERALES PARA DISEÑO DE PLATAFORMAS Y CAMINOS INTERIORES EN SUBESTACIONES**” del INDE.
 - iii. El diseño estructural debe ser de tipo modular con el propósito de facilitar su crecimiento.
 - iv. 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.
 - v. 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.

- vi.** 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.
- vii.** Para las casetas de control en general se debe considerar lo siguiente y en lo específico con lo indicado en las Características Particulares:
 - 01** 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).
 - 02** No se incluirá ningún tipo de ventana.
 - 03** Las puertas que sirvan para acceso de personas y equipos, desde el exterior de la caseta, deben ser metálicas, con cubierta de aluminio anodizado natural y sin cristales. Las puertas de este tipo, que además separen áreas donde se tenga aire acondicionado, deberán ser térmicamente aisladas. Las puertas para comunicar áreas interiores deben ser de madera.
 - 04** Se deben incluir las instalaciones requeridas para evitar drenar los escurrimientos de las losas hacia el área de canaletas.
 - 05** Las losas se deberán impermeabilizar extendiendo una capa de mezcla para recibir un enladrillado en forma de petatillo, sobre el cuál se aplicará una lechada a modo de sello.
 - 06** Las losas se deberán aislar térmicamente con espuma de poliuretano a base de aspersión, debiendo recibir un acabado final en color terracota.

07 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, etc.), que obstaculicen el crecimiento.

08 De ser requerido en las características Particulares, se deberá considerar un sistema hidrosanitario que debe contar con: a) una cisterna para agua potable con capacidad de 6000 lt y una bomba con capacidad de ¼ hp; b) un tinaco con capacidad mínima de 1100 lt; c) un sistema de control automático a base de electroniveles 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 wc) y cuarto de baterías (tarja y fuente lava ojos), incluyendo ramales de alimentación y conexiones.

b) Planos requeridos: Se deben elaborar los siguientes planos:

- i. arquitectónico,
- ii. estructural y
- iii. de instalaciones hidrosanitarias,

Estos planos deben contener los detalles precisos para la 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).

5.3.11 Sistema de drenaje, canaletas y ductos

a) Sistema de drenaje

- i. 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, así como evitar la afectación de los predios aledaños.
- ii. El sistema de drenaje se debe diseñar considerando los siguientes parámetros: área tributaria, coeficiente de escurrimiento, e intensidad de lluvia esta última obtenida de la información que suministra el Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología y Meteorología (INSIVUMEH), para un período de retorno de 50 años. Además, se deben considerar los siguientes lineamientos generales:

- iii. 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 canaletas. 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 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.
- iv. 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/hr. 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 cm. 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/cm^2), 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.

- v. 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.
- vi. Los colectores y ramales del sistema de drenaje deben funcionar por gravedad, debiendo tener una pendiente tal que cumpla con la velocidad mínima de $0,6 \text{ m/s}$ para evitar el asolvamiento, y con la velocidad máxima de 3 m/s para que se evite la erosión.
- vii. Esgurrimientos 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, etc.), 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/cm^2) 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.

viii. Con base en las características propias del sitio, el desfogue del drenaje se debe localizar en el lugar más conveniente, considerando para ello los escurrimientos naturales de la zona sin afectar los predios aledaños, o el terreno propio de la subestación. Si en el sitio existe un sistema de drenaje pluvial, el desfogue será encauzado hacia éste. 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, 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 INDE.

b) Canaletas

- i.** Las canaletas 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 canaletas cuentan con tapas removibles que permiten la revisión y mantenimiento de dicho cableado.
- ii.** Los tipos de canaleta que se deben emplear son los tipos I, II, III y IV, cuyas características se especifican en el Apartado Criterios Generales De Diseño Eléctrico
- iii.** Las canaletas 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.

- iv. Las características constructivas de las canaletas se establecen en el documento **“ESPECIFICACIONES DE CONSTRUCCIÓN DE SUBESTACIONES”**.
- v. Las canaletas y sus tapas deben ser construidas de concreto armado con $f'c = 19.6 \text{ MPa}$ (200 kg/cm^2) y acero de refuerzo $Fy = 411.6 \text{ MPa}$ (4200 kg/cm^2). Las tapas deben llevar un marco de ángulo de acero galvanizado y dos argollas retractiles para izaje de fierro liso con un $\varnothing=1/4"$. El acabado de las canaletas debe ser concreto natural.
- vi. Las canaletas 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. (4") de diámetro como mínimo. En el fondo de las canaletas se debe construir con una pendiente del 2 al millar hacia los desfogues laterales o coladeras de fondo. Las canaletas deberán sobresalir del piso terminado 10 cm. mínimo para evitar que se introduzca el agua de lluvia. Los registros para drenar las canaletas deberán ubicarse contiguos a éstas para facilitar los trabajos de limpieza y desasolve en los puntos de descarga.
- vii. Cuando se requiera canalizar cable dieléctrico con fibras ópticas integradas (CDFO) en el interior de las canaletas de la subestación, éste debe alojarse en el interior de tubos de PVC hidráulico pared gruesa de 3", debiendo sellarse en sus extremos y ser instalados en el interior de la canaleta (parte superior).

c) Ductos

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

5.3.12 Fosa de captación de aceite, tanque colector de aceite y tabiques

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/o reactores de potencia, se deben incluir elementos pasivos como son la fosa de captación de aceite, el tanque colector de aceite y los tabiques para la protección de estos equipos.

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

a) 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.

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/o reactores de potencia. Cada fosa incluirá una rejilla metálica tipo Irving con recubrimiento anticorrosivo diseñada para soportar piedra bola (diámetro entre 12 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. (10"). Este sistema de drenaje no debe tener comunicación con canaletas de cables ni con el drenaje pluvial de la subestación.

b) 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 $F_y = 411.6 \text{ MPa}$ (4200 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/o reactores de potencia que descarguen en él. Este tanque no tendrá comunicación con canaletas 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 $\frac{1}{2}$ hp, protegida contra la intemperie y con control manual y/o automático con base en un sistema de electroniveles. El tanque colector debe incluir una lumbrera para acceso 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.

- c) Tabiques:** Los tabiques están conformados por muros que se construyen entre cada transformador y/o reactor de potencia, cuyo propósito es limitar los daños y la potencial propagación de fuego a los equipos adyacentes. Los tabiques se deben diseñar de concreto, o block con columnas y trabes 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 $F_y = 411.6 \text{ MPa}$ (4200 kg/cm^2).

Las dimensiones de los tabiques 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. Los tabiques se deben diseñar y construir para soportar al menos dos horas de fuego continuo. El diseño de Los tabiques 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 Los tabiques deben cumplir con lo establecido en lo expresado en la sección **“ESPECIFICACIONES DE DISEÑO DE CIMENTACIONES EN SUBESTACIONES”**.

5.3.13 Obras complementarias

Se debe de realizar el diseño de obras complementarias cuando se requiera y que contemplen 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, etc., 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.

5.4 Ingeniería de detalle

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

5.4.1 Ingeniería de detalle en el diseño electromecánico

- a) Cronograma de diseño electromecánico.**
- b) Esquema (diagrama unifilar simplificado).**
- c) Distribución y ubicación general de equipo y estructuras mayores y menores.**
 - i. Disposición de equipo (planta).
 - ii. Disposición de equipo (cortes).
- d) Isométrico con cargas.**
- e) Localización trayectoria de canaletas, ductos y registros.**
- f) Herrajes y conectores**
 - i. Planta
 - ii. Cortes.
 - iii. Detalles de herrajes, conectores y lista de materiales.
- g) Red de tierras.**
 - i. Distribución de conductores
 - 01** Terrestres y
 - 02** Aéreos
 - ii. Detalles de soldaduras,
 - iii. Varillas, montaje de red de tierras y
 - iv. Lista de materiales.
- h) Terciario de transformadores o autotransformadores,**
 - i. Planta y
 - ii. Cortes

- i) Detalle barra auxiliar.**
- j) Detalle de bus terciario.**
- k) Detalle de bus de reserva.**
- l) Alumbrado exterior (planta).**
 - i. Alumbrado exterior, detalles de montaje, cuadro de cargas, diagramas y lista de materiales.
- m) Localización de vanos, flechas y tensiones.**
- n) Caseta de control.**
 - i. Arreglo de tableros, baterías y cargadores.
 - ii. Trayectorias de bandejas y lista de materiales.
 - iii. Sistema de alumbrado y lista de materiales.
 - iv. Gabinetes de borneras en caseta de control.
 - v. Gabinetes de centralización.
- o) Caseta de relevadores.**
 - i. Arreglo.
 - ii. Trayectoria de bandejas y lista de materiales.
 - iii. Sistema de alumbrado y lista de materiales.
- p) Servicios Propios**
 - i. Arreglo(s) de servicios propios de corriente alterna, línea de distribución y/o terciario. Arreglo planta de emergencia.
 - ii. Diagrama unifilar de servicios propios. General.
 - iii. Tablero de servicios propios.
 - iv. Dimensiones generales y anclaje.
 - v. Esquemas desarrollados de servicios propios 2240/120 VCA.
 - vi. Esquemas desarrollados de servicios propios 125 VCD
- q) Protección control y medición general**
 - i. Esquema (diagrama) unifilar de protección control y medición general.
 - ii. Tablero Mímico de control

- iii. Tableros de protecciones.
- iv. Dimensiones generales y anclaje.
- v. Esquemas desarrollados de protección, control y medición para cada.
 - 01 Línea.
 - 02 Transformador/Autotransformador...
 - 03 Enlace de barras o transferencia.
 - 04 Protección diferencial de barras.
 - 05 Medición de barras.
 - 06 Banco de capacitores.
 - 07 Reactores.
- r) **Banco de baterías 125 VCD y cargadores.**
- s) **Diagramas y planos de sistema de comunicaciones y control supervisorio.**
- t) **Dibujos de montaje a detalle: Todos los equipos principales indicando tipo, marca y peso para cada elemento.**
 - i. Transformador/Autotransformador de potencia.
 - ii. Interruptores.
 - iii. Cuchillas desconectadoras.
 - iv. Transformadores de corriente.
 - v. Transformadores de potencial inductivo.
 - vi. Transformadores de potencial capacitivo.
 - vii. Pararrayos.
 - viii. Trampas de onda.
 - ix. Aislador soporte.
 - x. Reactores.
 - xi. Capacitores.
 - xii. Transformador de servicios propios.
 - xiii. Banco de baterías y los cargadores.

- xiv. Planta de emergencia.
- u) Lista de cables de control y fuerza.**
- v) Memorias de cálculo.**
 - i. Coordinación de aislamiento (distancia de seguridad y distancias mínimas recomendadas, blindaje, efecto corona, radiointerferencia [nivel de ruido]).
 - ii. Red de tierras.
 - iii. Flechas y tensiones con gráficas para tendido.
 - iv. Alumbrado exterior y perimetral.
 - v. Alumbrado caseta de control.
 - vi. Alumbrado caseta de relevadores.
 - vii. Aire acondicionado (tipo ventana).
 - viii. Planta de emergencia.

Estas memorias de cálculo deben indicar el procedimiento seguido, citando las normas internacionales, nacionales o internas de INDE que se utilicen como fuente de información o guía. En los casos que se requiera del uso de programas de cómputo, Se debe proporcionar una copia en discos de 3½", así como la licencia para la utilización de éstos.

5.4.2 Ingeniería de detalle en el diseño civil

- a) Cronograma de diseño civil.
- b) Plataformas, terracerías y jardinería.
- c) Bardas, incluyendo diseño arquitectónico de fachadas y puertas.
- d) Pisos terminados.
- e) Camino de acceso a la subestación.
- f) Caminos interiores y perimetrales.
- g) Edificio SF6

- i. Estructural, incluyendo cimentaciones.
 - ii. Arquitectónico, con fachadas y pisos.
 - iii. Hidrosanitario, incluyendo fosa séptica.
- h) Caseta de control y caseta de relevadores.
 - i. Estructural, incluyendo cimentaciones.
 - ii. Arquitectónico, con fachadas y pisos.
 - iii. Hidrosanitario, incluyendo fosa séptica.
- i) Sistemas de drenajes.
- j) Sistemas de canaletas y ductos.
- k) Estructuras mayores.
 - i. Estructuras metálicas.
 - ii. Cimentaciones de estructuras metálicas.
- l) Cimentación y muros de protección para bancos de transformación y/o reactores.
- m) Estructuras menores (soporte y cimentación)
 - i. Interruptores.
 - ii. Seccionadores desconectadores.
 - iii. Transformadores de corriente.
 - iv. Transformadores de potencial inductivo.
 - v. Transformadores de potencial capacitivo.
 - vi. Pararrayos.
 - vii. Trampas de onda.
 - viii. Aislador soporte.
 - ix. Capacitores.
 - x. Transformador de servicios propios
- n) Arreglo terciario y servicios propios.
 - i. Estructuras soporte.
 - ii. Cimientos.
- o) Tanque colector de aceite.

p) Cisterna para agua potable.

NOTAS:

[1] Todos los diseños deben presentar su 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 mas 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 INDE (dos en papel albanene y ribeteados, y dos en papel bond) con el correspondiente respaldo de archivos de AutoCad Versión 14 o superior en CD.

5.5 Construcción

Aquí detallaremos los requisitos mínimos para la construcción de las subestaciones.

5.5.1 Aspectos generales

A continuación encontraremos los aspectos generales que se deberán cumplir en la construcción de subestaciones.

5.5.1.1 Localización de las obras

Las construcciones de Subestaciones estarán localizadas dentro del territorio nacional y su ubicación se define de acuerdo al plano de localización que se anexa dentro de la información general.

5.5.1.2 Alcance de los trabajos

Estas especificaciones establecen los lineamientos necesarios para construir y cuantificar los trabajos que será necesario ejecutar en las Subestaciones Eléctricas, con base en el proyecto específico de cada obra y a los planos de diseño generados.

5.5.1.3 Obligaciones

El Contratista ejecutará las obras de acuerdo con lo estipulado en las Especificaciones particulares, Normas de Construcción, y Reglamentos aplicables en el plazo establecido y ajustándose al programa de trabajo autorizado y a lo establecido en el Contrato correspondiente.

El Contratista debe conocer los conceptos en que se divide la obra y las eventualidades que implica su realización; teniendo cuidado en observar lo siguiente:

a) Aspectos a observar

- i. La topografía del terreno y su influencia en el proyecto y construcción de la obra.

- ii. Condiciones climatológicas de la región y su influencia durante la construcción y vida de la obra.
- iii. Sondeos hechos para ayudarse a determinar el tipo de material en las excavaciones y problemas potenciales de construcción por condiciones de acceso y del subsuelo.
- iv. Los niveles freáticos, su influencia en la construcción y en el comportamiento de la obra.
- v. Mano de obra de la región, costo de los materiales y equipo que se empleará para construcción.
- vi. Acceso al sitio de la Subestación, construcción o mejora, conservación durante la construcción y operación garantizada durante la vida de la obra.
- vii. El Contratista construirá o habilitará por su cuenta bodegas, campamentos, oficinas adecuadas, etc., y será el único responsable ante las autoridades y terceros del incumplimiento de las disposiciones Nacionales o Municipales y de los daños que su personal cauce a terceros.
- viii. El Constructor proporcionará todos los elementos y materiales de construcción y de consumo necesarios para la ejecución de la obra, incluyendo su almacenaje y movimientos locales hasta los sitios de utilización.
- ix. El Contratista es el responsable de tramitar y cubrir los gastos necesarios ante las autoridades municipales, nacionales o entidades privadas correspondientes, para la disposición de los materiales de desperdicio o excedentes.
- x. En la determinación de los precios unitarios de los conceptos de obra, se debe considerar el transporte de materiales, almacenamiento, costo directo, indirecto, financiamiento y utilidades en su caso.

- xii. Una vez terminada la construcción de la obra, se efectuará una revisión final realizando pruebas al material y equipo instalado; el Constructor está obligado a efectuar las reparaciones necesarias cuando se requieran, sin costo adicional para el INDE.

5.5.1.4 Supervisión

Para fines de estas Especificaciones, el término "SUPERVISOR" corresponde al organismo de supervisión o a la persona que lo represente que INDE designe para la vigilancia y control de calidad de los trabajos ejecutados por el Contratista, la observación de las normas y especificaciones. El Contratista, a lo largo del período que dure la construcción del proyecto, debe entregar al "SUPERVISOR" un reporte técnico periódico mensual de cada una de las actividades realizadas en la construcción de las obras del alcance del Contrato, el SUPERVISOR podrá aprobar o improbar dicho reporte según se haya cumplido con lo indicado respecto al cumplimiento de normas, calidad y aspectos contractuales del proyecto.

5.5.1.5 Materiales y equipos de instalación permanente

En lo referente a cementos, agregados, acero de refuerzo, tabiques, piedras o cualquier otro material que se emplee en la construcción de la Subestación, serán proporcionados por el Constructor; apegándose a las Normas de Calidad establecidas.

Una vez terminada la construcción de estas obras, deben hacerse pruebas a los equipos instalados para su puesta en operación, apegándose a los lineamientos establecidos en el manual de puesta en servicio de subestaciones de potencia, obligándose el constructor a hacer las correcciones necesarias hasta la aprobación total por parte del INDE.

Este cuadro formará parte del acta de recepción de la obra.

5.5.1.6 Normas de calidad de los materiales de construcción

La construcción de estas obras se ajustará a las recomendaciones establecidas en la tabla II.

Tabla II Normas de calidad de los materiales de construcción

i. NORMAS	
ASTM-C 150	Cemento Portland de cualquier tipo
ASTM-C 595	Cemento Portland puzolánico
ASTM-C 33	Especificaciones para agregados de concreto
ASTM-C 31	Fabricación y curado de especímenes de concreto en campo
ASTM-C 39	Ensaye a compresión de especímenes cilíndricos de concreto en campo
ASTM-C 143	Revenimiento del concreto
ASTM-C 309	Membrana de curado
ASTM-C 494	Aditivos químicos para concreto
ASTM A615/A615M Rev.B-1992	Standard Specifications for Deformed and plain Billet Steel Bars for Concrete Reinforcement
ASTM A36/A36M-1991	Standard Specification for Structure Steel
ii. REGLAMENTOS	
ACI-318-2005	Reglamento de Construcciones de Concreto Reforzado
ACI-347	Práctica recomendada para cimbras
Recomendaciones	Fabricante de Transformadores de potencia, Interruptores, Cuchillas, Tableros, Transformadores de corriente, Trampas de Onda, etc.
Nota: En caso de que los documentos anteriores sean revisados o modificados, debe tomarse en cuenta la última edición en vigor o la última edición en la fecha de la apertura de las ofertas de la Licitación, salvo que la INDE indique otra cosa.	

Fuente: Elaboración propia

El licitante puede sugerir la utilización de otras normas cuando sean equivalentes o mejores que las señaladas, debiendo adjuntar una tabla comparativa entre la norma propuesta y las mencionadas, identificar las ventajas y desventajas del cambio y demostrar que el cambio no afecta la seguridad y la calidad del trabajo. INDE se reserva el derecho de aprobar o rechazar la propuesta.

El INDE se reserva el derecho de especificar los volúmenes o tomos que no correspondan a las Normas, Recomendaciones y Especificaciones citadas.

5.6 Obra civil

Dentro de este apartado, detallaremos los pasos que debemos de seguir durante la construcción de subestaciones.

5.6.1 Desmante y despálme

En el siguiente inciso se describe el desmante y despálme.

a) Descripción

El desmante y despálme consiste principalmente en limpiar de maleza y retirar la capa vegetal en el espesor total, el cual debe indicarse en el plano de proyecto de terracerías, abarcando un área igual a la que presente el arreglo general de la subestación más la necesaria para los accesos perimetrales, y tiene como objetivos principales:

- Facilitar los trabajos durante el proceso de construcción, y asegurar la estabilidad de las terracerías.

- Evitar en lo posible el desarrollo de maleza en todo el predio.

b) Disposiciones

Las dimensiones del terreno estarán delimitadas por mojoneras.

El Contratista debe verificar la posición de las mojoneras con los planos de deslinde que se le entregarán; si existe alguna diferencia, deberá reportarla a INDE.

El Contratista podrá hacer el desmonte a mano o empleando maquinaria; el despalme se ejecutará con maquinaria, removiendo la capa vegetal del terreno.

Los materiales de desperdicio producto del desmonte y despalme se concentrarán fuera del predio de la subestación, en los bancos de desperdicios autorizados por las dependencias municipales correspondientes, y será responsabilidad del contratista su manejo y disposición final.

El contratista está obligado a conservar libre de maleza y razonablemente limpio todo el predio, hasta la recepción final de la obra.

c) Tolerancias

Entre los centros de las mojoneras que delimiten el terreno de la subestación, se aceptará una variación máxima de 5 mm, en distancia horizontal. Cualquier variación será reportada al INDE, quien indicará lo procedente.

d) Medición

La unidad de medida será el m² de acuerdo a las dimensiones del proyecto, con aproximación al centésimo.

e) Cargos incluidos en el precio unitario integral

- i. Deslinde del terreno.
- ii. Desmonte con maquinaria o a mano.
- iii. Despalme con maquinaria.
- iv. Remoción y disposición final en los bancos de desperdicio de los productos del desmonte.
- v. Reparación de todos los daños ocasionados a terceros imputables al Contratista.
- vi. Actividades de conservación del predio durante la construcción.

5.6.2 Terracerías

En el siguiente inciso se detalla los requisitos que deberá tener las diferentes terracerías.

a) Descripción

Las terracerías consisten en hacer cortes y rellenos, conformación y revestimiento de taludes, cunetas y contracunetas, que eviten riesgos de inundación al terreno donde se construye la subestación, formando plataformas y terraplenes compactados de acuerdo a cotas de nivel y dimensiones establecidas en los planos de proyecto.

Su construcción podrá ser en cualquier tipo de material, el cual depende de la topografía y de las condiciones ambientales de cada sitio en particular.

b) Disposiciones

Los materiales sobrantes de terracerías deberán retirarse del predio hasta los bancos de desperdicio aprobados por las autoridades municipales correspondientes.

Una vez que las terracerías hayan alcanzado las líneas, niveles y perfiles establecidos, el constructor notificará al "SUPERVISOR" para su revisión.

c) Ejecución

Antes de iniciar las terracerías se removerán todos los materiales inestables, frágiles o inadecuados que existan en la zona y sanear el terreno mediante drenaje o estabilización de suelos.

Las excavaciones en los cortes se ejecutarán siguiendo un sistema de ataque que facilite el drenaje del corte y garantice la estabilidad de la excavación. Especial cuidado debe tenerse en terrenos de baja resistencia y en zonas con alta precipitación pluvial o de alta concentración de agua.

El contratista basado en estudios de mecánica de suelos, proporcionará al supervisor una secuencia de compactación para los materiales que se utilizarán como relleno.

Establecerá una cota de piso terminado.

Los terraplenes se construirán por capas horizontales, con espesor de 20 cm. de material suelto que se compactará hasta alcanzar el grado de compactación fijado por el proyecto y especificado en el informe de mecánica de suelos, y que en ningún caso debe dar un peso volumétrico seco menor a $15,7\text{kN/m}^3$ ($1,6\text{ Ton/m}^3$).

En lo más que sea posible, los materiales obtenidos de los cortes se emplearán en la formación de los terraplenes; cuando la calidad del material excavado no sea el adecuado o exista material excavado en exceso al de los terraplenes, se colocará en los bancos de desperdicio aprobados por las autoridades municipales correspondientes.

Todo material de relleno para terraplenes que se pretenda usar, ya sea del propio material de excavación o de bancos de préstamo; serán aprobados por el "SUPERVISOR", así como la ruta que tomará para su acarreo.

En la construcción de terraplenes, el constructor debe tener en cuenta tanto la deformación propia del terraplén como los asentamientos del terreno de cimentación hasta el término del período de construcción y de operación de la obra según lo señalen los planos de proyecto aprobados para construcción.

d) Tolerancias

Para dar por terminada la construcción de las terracerías, incluyendo su afine, se verificarán líneas y niveles, los cuales deben quedar comprendidos dentro de las tolerancias siguientes:

- i. Al colocar sobre el piso terminado una regla de 5 m de longitud, las depresiones observadas no deberán sobrepasar de 2.5 cm.

- ii. Las longitudes no deberán ser mayores o menores de 5 cm. a las indicadas en el proyecto.

e) Medición

Este concepto se medirá tomando como unidad el metro cúbico con aproximación al décimo de acuerdo a los volúmenes obtenidos en las secciones transversales del terreno, sin considerar abundamientos.

f) Cargos incluidos en el precio unitario integral

Los precios unitarios incluyen las operaciones y cargos siguientes:

- i. Trazo de líneas, niveles y estacados.
- ii. Saneamiento del terreno de desplante mediante drenaje, remoción y/o estabilización de suelos.
- iii. Cortes en terreno a la profundidad indicada en los planos de proyecto, incluyendo explosivos, maquinaria, herramienta, materiales, afine de taludes y bombeo en su caso.
- iv. Formación de terraplenes compactados integrados con materiales procedentes de la excavación o de bancos de préstamo, incluyendo exploración, muestreo, estudio, explotación y acarreo de material.
- v. Suministro y aplicación de agua para lograr la humedad óptima.
- vi. Colocación, extendido y compactación en capas del material.
- vii. Acarreo de material sobrante o inadecuado hasta los bancos de desperdicio definidos y aprobados por el Contratista.
- viii. Conservación de la ruta para la transportación de materiales de préstamo.

- ix. En el caso de que los cortes se encuentre material tipo III se debe considerar en el precio el uso de explosivos y equipo necesarios; el precio de excavación de este material debe ser igual al considerado para el mismo material en el concepto excavaciones para cimientos.

5.6.3 Excavaciones para cimientos

En el siguiente inciso se detalla los requisitos que deberá tener las excavaciones para cimientos.

a) Descripción

Las excavaciones a cielo abierto son las que se efectúan para formar la sección de desplante de las cimentaciones de las estructuras y equipos y se ubican de acuerdo a los planos del proyecto.

b) Disposiciones

Dentro del concepto se considera el trazo y realización de las excavaciones de acuerdo con los planos de proyecto para las cimentaciones de estructuras metálicas, aisladores soporte, transformadores o reactores de potencia, muros divisorios, interruptores y cuchillas de potencia, equipo menor (transformadores de corriente, transformadores de potencial, pararrayos, etc.), bancos de capacitores, casetas y edificios.

Se deben colocar mojoneras en los ejes longitudinales y transversales al terreno de la subestación, así como un banco de nivel que servirá de base para el trazo de los cimientos.

c) Ejecución

El constructor debe verificar los trazos, líneas, niveles y estacados que sean necesarios para ejecutar correctamente los trabajos proyectados.

El constructor es responsable de la conservación y reposición de las mojoneras, referencias y bancos de nivel.

Cuando las características del terreno al nivel del desplante fijado sean diferentes a las previstas en el proyecto y a juicio del "SUPERVISOR" convenga profundizar la excavación, ésta debe incrementarse lo necesario sin variar el precio unitario indicado en el catálogo.

Para determinar el costo de las excavaciones, se considerarán los siguientes tipos de materiales:

- i. **Material Tipo I:** Se entenderá por tal, al producto de las excavaciones que se pueda extraer con pala de mano.
- ii. **Material Tipo II:** Se entenderá por tal, al producto de las excavaciones que para su extracción se requiera el uso de pico y pala de mano.
- iii. **Material Tipo IIA:** Se entenderá por tal, al producto de las excavaciones, que contenga boleó y material compactado y que para su extracción se requiera el uso de barretas o rompedoras.
- iv. **Material Tipo III:** Se entenderá por tal, al producto de excavación que para su extracción se requiera el uso de explosivos.

Los porcentajes en el tipo de material (Tipo I, II, IIA y III) que utilice el constructor para determinar el precio unitario único en las excavaciones, será bajo su responsabilidad por lo que no será motivo de ajustes posteriores.

El fondo y las paredes de las excavaciones deberán quedar formando una superficie limpia de material suelto y/o inestable.

Durante el proceso de excavación, el material producto de la misma se podrá depositar alrededor dejando cuando menos 1.00 m libre entre los límites de excavación y el pie de talud del borde formado, con el fin de evitar derrumbe del material al interior de la excavación.

Cuando se autorice el uso de explosivos para ejecutar estas excavaciones, su empleo estará condicionado a evitar el fracturamiento y alteración del terreno más allá de la sección teórica fijada. El uso y método de empleo de explosivos deberán someterse a la aprobación del "SUPERVISOR".

En ningún caso la profundidad de las excavaciones serán menores que las indicadas en los planos del proyecto.

Cuando para ejecutar las excavaciones se requieran explosivos, ademe, ataguía y/o bombeo, el contratista suministrará los materiales, equipo y mano de obra necesarios.

En todos los casos en que se haga necesario el uso de explosivos, debe el contratista tomar todas las precauciones necesarias para la protección del público, de los trabajadores, de las obras mismas y de las propiedades públicas y privadas. Cualquier daño ocasionado por el uso de explosivos será de la responsabilidad del constructor.

Los permisos para la obtención de explosivos serán tramitados por el constructor y debe acatar las disposiciones de la legislación y reglamentación vigente, en cuanto a la obtención, almacenamiento y uso de explosivos.

El contratista deberá tomar las medidas necesarias para evitar que las excavaciones puedan originar daños a personas, poniendo señales adecuadas.

d) Tolerancias

La profundidad de las excavaciones no sobrepasará en más de 5 cm. en terrenos suaves y medios, y en terreno rocoso en más de 20 cm.

En caso de que la profundidad de la excavación sobrepase la tolerancia indicada, debe rellenarse hasta el nivel teórico, garantizando un apoyo seguro para la cimentación.

Se aceptará una tolerancia de 10 cm. en exceso por lado para facilitar los trabajos, sin que el volumen cubierto por esta franja sea motivo de estimación.

Para dar por terminada la excavación que haya sido necesaria ejecutar, se verificarán trazos, niveles y acabados.

e) Medición

La unidad de medida es el metro cúbico con aproximación al centésimo y los volúmenes se cuantifican a partir de las dimensiones indicadas en los planos de proyecto.

f) Cargos incluidos en el precio unitario integral

- i. Trazos de líneas, niveles y estacados.
- ii. La excavación en cualquier tipo de material (Tipo I, II, IIA ó III), incluyendo explosivos, materiales, afine, ademes, taludes, bombeo y sobre excavaciones.
- iii. Limpieza general del sitio de excavación y zonas adyacentes.
- iv. Tramitación y obtención de permisos para adquisición, transporte y uso de explosivos, cuando se requiera.
- v. Acarreos de material sobrante de las excavaciones hasta los bancos de desperdicios aprobados por las autoridades municipales correspondientes.

5.6.4 Anclajes para cimentaciones en roca

En el siguiente inciso se detalla los requisitos que deberá tener los anclajes para cimentaciones en roca.

a) Descripción

Son los elementos que se construirán donde lo marque el proyecto aprobado, con objeto de dar a las cimentaciones de concreto reforzado, la debida fijación que requieren al suelo rocoso.

b) Ejecución

El contratista deberá someter a la aprobación de INDE el equipo, herramientas y método constructivo que pretenda aplicar en la ejecución de este concepto.

Nivelación de la superficie de desplante mediante cortes y colado de una plantilla de concreto simple; una vez que la plantilla haya alcanzado la resistencia necesaria, se procederá a efectuar la perforación de los barrenos para anclaje hasta la profundidad que marque el proyecto. En caso de encontrarse roca con características de menor calidad a las consideradas en el diseño, deberá reportarse al "SUPERVISOR", quien debe tomar las acciones convenientes.

Posteriormente a la barrenación, debe saturarse la perforación a fin de evitar pérdida de agua del mortero y retirar al mismo tiempo las partículas de material suelto.

El mortero deberá diseñarse para una resistencia de $f'c = 19,6$ MPa (200 kg/cm.) con aditivo expansor. En la tabla III se presenta un proporcionamiento tentativo para la elaboración del mortero. La calidad de éste dependerá de los materiales usados, por lo que el constructor deberá comprobar su resistencia y presentar sus resultados y el proporcionamiento adecuado.

Tabla III Proporcionamiento tentativo par mortero

Materiales	Proporción unitaria en volumen	Proporción en volumen para 50 Kgs de cemento
Arena fina pasada por malla No. 16 (1.19 mm)	1.5 partes	50.0 litros
Agua	0.9 partes	30.0 litros
Cemento	1.0 partes	50.0 kilogramos
Aditivo expansor	1% del cemento en peso	

Fuente: Elaboración propia

c) Materiales

El mortero debe colocarse dentro de la perforación por medio de una manguera para depositarlo en el fondo e ir avanzando hacia arriba desplazando el agua previamente introducida.

Se procederá a introducir el ancla dentro de la perforación procurando que quede perfectamente centrada dentro de la misma. Las varillas deben encontrarse protegidas con pintura anticorrosiva a la altura del contacto concreto-roca.

d) Medición

La unidad de medida será el metro lineal de ancla terminada a satisfacción de INDE, tomando como base la longitud de empotramiento en roca.

e) Tolerancias

Variaciones en la verticalidad: no mayor de 6 mm.

Variaciones del alineamiento entre ejes de proyecto: no mayor de 6 mm.

f) Cargos incluidos en el precio unitario integral

- i. Acarreo, carga y descarga de todos los materiales que intervengan.
- ii. Regulación y nivelado del terreno con plantilla de concreto simple.
- iii. Perforación de la roca.
- iv. Limpieza y saturación de la perforación.

- v. Suministro, habilitado y colocación de acero de refuerzo para anclas, incluyendo gancho y longitud de anclaje.
- vi. Suministro, preparación y colocación de mortero incluye: proporcionamiento y pruebas.
- vii. Mano de obra, materiales y equipo requerido.
- viii. Prueba de anclas.
- ix. Tiempo de los vehículos, maquinaria y herramienta empleada en la ejecución.

5.6.5 Cimentación con pilotes

En el siguiente inciso se detalla los requisitos que deberá tener la cimentación con pilotes.

a) Descripción

Se refiere al conjunto de elementos dotados de punta, que se deberán hincar en los puntos que indique el proyecto, con objeto de transmitir el peso del edificio hacia un estrato de suelo más resistente.

b) Ejecución

Los pilotes serán de concreto reforzado o tubo de acero galvanizado de pared gruesa con su extremo inferior cerrado adaptándole una zapata de hincado, rellenando el tubo con concreto una vez hincado. En caso de requerirse el hincado por tramos para alcanzar el estrato resistente, éstos deberán empalmarse axialmente de acuerdo a las recomendaciones señaladas por el diseño o proyecto.

El Contratista someterá a revisión y aprobación en su caso por parte del "SUPERVISOR" el procedimiento de hincado que se proponga seguir, ilustrando además, las características técnicas del equipo y/o maquinaria propuestas, así como la disposición de ésta durante las maniobras. Cualquier aprobación que el "SUPERVISOR" emita, no releva al Contratista de su responsabilidad por la seguridad o practicabilidad de los métodos, equipos y/o maquinaria de su proposición y tampoco por la ejecución de los trabajos de conformidad con los planos, especificaciones, acuerdos de obra y programa de trabajo autorizado.

Los pilotes de tubo deberán protegerse por fuera con algún recubrimiento anticorrosivo antes de hincarlos, o con protección catódica, especificando el contenido de cobre en la aleación del acero, de conformidad en todo caso con lo que establezca el proyecto.

Todos los pilotes deberán marcarse con señales distantes a cada metro, a partir de la punta, con objeto de registrar la resistencia del terreno a la penetración durante el hincado. Estas marcas deberán ser perfectamente visibles para poder contar el número de golpes requeridos para penetrar cada metro, anotándolo en las formas de registro correspondientes.

La localización en el terreno se definirá cuando el pilote se coloque en su posición de hincado. El alineamiento se controlará observando si el pilote está realmente vertical al iniciar el hincado. Durante el hincado, los pilotes deberán cubrirse con un casco o gorro que permita distribuir uniformemente el golpe del martillo en la cabeza del pilote, estando dicho casco axialmente al hincado con el martillo y con el pilote.

El concreto para pilotes precolados debe ser por lo menos de 29,4 MPa (300 kg/cm²), en tanto que el concreto para rellenar pilotes de tubo debe ser 19,6 MPa (200 kg/cm²).

c) Medición

La unidad de medida será el metro lineal de pilote con su recubrimiento anticorrosivo y relleno de concreto, hincado a satisfacción del "SUPERVISOR".

d) Tolerancias

Se usarán preferentemente pilotes de una sola longitud, evitando demasiado empalmes.

Variación centro a centro de pilotes: 0.03 metros en cualquier dirección.
Variación en la elevación de la cabeza del pilote con respecto a la indicada en el proyecto ∇ 0.10 metros.

Desviación máxima del pilote respecto a la vertical: 2 %.

No se permitirá corregir la localización y/o el alineamiento una vez iniciado el hincado, en tal caso deberá extraerse. Las correcciones que se requieran incluyendo los trabajos que de ellas se deriven, correrán por cuenta del "Constructor" sin cargo alguno para INDE.

e) Cargos y operaciones incluidos en el precio unitario integral

- i. Fabricación de pilotes de concreto precolados.

- ii. Suministro, carga, acarreo, descarga y manejo de todos los materiales que intervienen (tubos, anticorrosivos en su caso, zapata de hincado, camisa de empalme, soldadura, concreto, etc.).
- iii. Transporte de pilotes precolados o de tubo al sitio de hincado.
- iv. Aplicación de recubrimiento anticorrosivo (pintura o protección catódica en su caso).
- v. Localización en el terreno del centro de hincado.
- vi. Ajustes y alineamientos requeridos antes del hincado.
- vii. Maniobras de izaje e hincado, incluyendo colocación de zapata de hincado para el caso de pilotes de tubo.
- viii. Empalmes de tubería o de pilote que se requieran.
- ix. Colado de concreto mediante método tremie cuando así lo considere el diseño.
- x. Descabece y preparaciones necesarias en la cabeza del pilote para su anclaje con la cimentación de concreto.
- xi. Tiempo de vehículos, equipo, maquinaria y herramienta utilizada.

5.6.6 Acero de refuerzo para concreto

En el siguiente inciso se detalla los requisitos que deberá tener el acero de refuerzo para concreto.

a) Descripción

Son las varillas de acero que se colocan dentro del concreto para que tomen o ayuden a tomar cualquier clase de esfuerzo.

b) Ejecución

La marca y características de las varillas de refuerzo deben cumplir con las especificaciones y normas establecidas y con lo indicado en el proyecto y/o lo ordenado por el "SUPERVISOR".

En general las varillas de refuerzo estarán sujetas a normas de calidad y cumplir con la Norma ASTM A615 vigente.

Al colocar la varilla debe estar libre de óxido, si contiene alguna oxidación se le dará el tratamiento adecuado mediante cepillado.

El constructor debe tener cuidado en el momento de estar colocando el diesel en la cimbra para no impregnar a la varilla.

El constructor podrá cambiar el diámetro de varilla en la obra, siempre y cuando se respete el área transversal de acero especificado en los planos, y que cumpla con las especificaciones del ACI.

Los ganchos, dobleces, traslapes, limpieza de refuerzos, colocación, espaciamiento de las varillas y soldadura, juntas en el refuerzo, refuerzo lateral, refuerzo por construcción y temperatura; asimismo la protección de concreto para el refuerzo deberá cumplir con las normas de publicación más reciente del ACI a menos que se indique otra cosa.

c) Medición

Se medirá por peso y la unidad de medida será la tonelada con aproximación al centésimo; se considerará únicamente la cantidad neta de varilla que indiquen los planos de proyecto.

No se cuantificará ninguna cantidad de acero de refuerzo hasta que se encuentre totalmente colocada y esté aprobada su ubicación definitiva en los moldes, previamente al vaciado del concreto.

d) Cargos incluidos para integrar el precio unitario

Se estimará por unidad de obra terminada incluyendo los siguientes cargos y operaciones:

- i. Suministro, manejo, acarreo, desperdicios y maniobras.
- ii. Enderezado, limpieza, corte y doblado de acero.
- iii. Colocación, fijación, incluyendo alambre recocido, silletas, dobleces, traslapes, ganchos y bastones en su caso.

5.6.7 Concreto en cimentaciones

En el siguiente inciso se detalla los requisitos que deberá tener el concreto en las cimentaciones.

a) Descripción

Es la mezcla de materiales pétreos inertes, cemento, agua y aditivos que se especifiquen en las proporciones adecuadas que al endurecerse adquieren la resistencia mecánica y características necesarias para la función estructural de los cimientos.

b) Materiales

El programa de entregas mensuales de cemento en la obra será puesto a consideración del "SUPERVISOR" y aprobado por el mismo con el objeto de evitar su almacenamiento por lapsos mayores de un mes.

Los agregados se cribarán adecuadamente y se lavarán debidamente antes de efectuar su entrega en la obra. Todos los agregados serán de la misma calidad que las muestras aprobadas por el "SUPERVISOR"; los agregados se almacenarán separadamente por tamaños sobre superficies impermeables, limpias y duras.

El constructor debe muestrear los bancos de agregados, cemento y agua que se utilizará, realizando las pruebas de laboratorio necesarias y presentar a INDE los resultados correspondientes, así como los proporcionamientos propuestos para la elaboración de los concretos, incluyendo los resultados de resistencia obtenidos.

En los lugares de almacenamiento, los 0.50 m, inferiores se mantendrán continuamente como una capa de drenaje. Los agregados gruesos se cribarán de conformidad con la tabla II de las normas ASTM-C33.

El agua que se utilice en la elaboración del concreto debe ser clara y carecer de cualquier impureza orgánica o mineral. El constructor no podrá usar ninguna agua sin la aprobación correspondiente del supervisor.

Cuando se utilice el concreto premezclado, los métodos y equipos utilizados para transportarlos serán tales que no causen segregaciones o pérdida de ingredientes y de revenimiento, con respecto al especificado.

Cuando se usen camiones revolvedores, el transporte no debe exceder de 1.5 horas para cemento normal y 1 hora para cemento de resistencia rápida. Cuando estos tiempos se excedan ó no se cumpla con lo indicado en el párrafo anterior, el concreto se desechará.

El control de calidad en la fabricación de concretos será responsabilidad del contratista para lo cual debe demostrar mediante resultados de pruebas el cumplimiento cabal de las especificaciones y normas. El "SUPERVISOR" debe exigir la reposición del colado si los resultados no cumplen con la proporción y revenimiento aprobado. No se continuará el colado hasta que el constructor haga las correcciones correspondientes cuando se detecten procedimientos erróneos o resultados adversos a los especificados.

c) Ejecución

Antes de colocar el concreto en su posición definitiva se deberán preparar adecuadamente los moldes, hierro de refuerzo y piezas especiales que quedarán en el mismo. Los moldes deberán estar limpios y contruidos de material que garantice acabado de textura deseable del concreto ya endurecido.

El constructor deberá dar aviso con una anticipación de 3 días hábiles como mínimo de que está listo para efectuar cualquier colado y así permitir al "SUPERVISOR" dar autorización por escrito. Si se cuela en otras condiciones o en ausencia del supervisor, el colado será demolido y reemplazado.

Todas las superficies que vayan a quedar en contacto con el concreto fresco deberán quedar libres de polvo, basura o cualquier otro material; debiendo humedecerse ligeramente evitando en cualquier circunstancia la formación de charcos.

El constructor debe usar procedimientos de transporte y colocación de concreto que garanticen no segregación de los materiales. El concreto se depositará en capas horizontales de 60 cm. de espesor máximo.

No se colocará concreto durante lluvias fuertes o prolongadas para evitar el arrastre del mortero o lechada.

No se vaciará concreto en lugares que contengan agua, tampoco se permitirá que escurra agua sobre superficies de concreto con velocidades que puedan dañarlo.

El concreto deberá vaciarse lo más cercano posible a su posición definitiva. No debe colocarse en grandes cantidades en determinado lugar y permitir que se corra. Se vaciará en capas sensiblemente horizontales y de espesor uniforme; consolidando adecuadamente cada capa antes de colocar otra. "No se permitirá que el concreto caiga libremente a más de un metro de altura".

Cuando el molde sea alto y estrecho se harán aberturas en los costados del mismo, por donde se debe introducir el concreto.

El vibrador se usará para consolidar verticalmente el concreto colocado en capas sensiblemente horizontales y de espesor uniforme hasta que quede práctica y totalmente compactado antes de colocar la siguiente. El vibrador deberá limitarse para evitar segregaciones de la mezcla.

Cuando se vacía concreto fresco sobre concreto ya endurecido, se precisa una adherencia adecuada y una junta hermética para lo cual se deben observar las siguientes prácticas: Picado de concreto ya endurecido devastándolo para quitar las capas superficiales y dejar expuesta una superficie de concreto inalterado. Antes de iniciar el colado se limpiará el concreto endurecido, colocando posteriormente una capa de mortero bien restregada por la superficie de la junta con un espesor de 1cm. aproximadamente. El proporcionamiento de este mortero debe ser igual al del concreto, quitando el agregado grueso y debe ser lo suficientemente blando para que pueda extenderse fácilmente en la superficie de la junta, agregando además un aditivo recomendado para juntas frías.

No se permitirá el descimbrado hasta que el concreto tenga suficiente resistencia estructural y pueda soportar su peso propio y las cargas normales de construcción. No se deberá emplear barretas de uña, patas de cabra o herramientas de metal contra el concreto para remover la cimbra. Si es necesario, deben emplearse pedazos de madera para hacer palanca.

Invariablemente una vez realizado el descimbrado, debe efectuarse el curado del concreto en la totalidad de las superficies de la cimentación aplicando el aditivo apropiado para evitar daños por falta de agua y lograr un buen curado. Con el mismo fin se deberán humedecer los moldes ó cimbras, siguiendo las recomendaciones de las normas del ACI.

El cemento y agregados que se utilicen serán del tipo señalados en las normas enunciadas en estas especificaciones.

En el caso de cimientos para estructuras, se aceptarán cimientos precolados siempre y cuando se ajusten a los planos, normas y especificaciones de diseño y construcción de estructuras de concreto.

El constructor suministrará las anclas que se especifique ahogadas en los concretos para sujetar los cimientos de las estructuras, las cuales serán galvanizadas.

Todos los cimientos llevarán una plantilla de concreto simple debidamente compactado, de un espesor mínimo de 5 cm. o el indicado en los planos del proyecto y una resistencia de 9,8 MPa (100 kg/cm²); esta plantilla debe considerarse dentro del precio unitario de los concretos.

d) Tolerancias

Las tolerancias serán como se indican a continuación:

- i. Variación de dimensiones de cimientos en planta: 13 mm.
- ii. Variación entre ejes 2 mm.
- iii. Excentricidad en la base de columnas, vigas, muros y lazos mm.

- iv. Variación del nivel o de las pendientes indicadas en losas, vigas, ranuras de junta horizontal y esquinas visibles en 9 m o más, 13 mm (en construcciones enterradas se tolerará el doble de las variaciones a nivel o de las pendientes indicadas).
- v. Variación de verticalidad en columnas, muros, pilas, ranuras de juntas verticales y esquina visibles:

01 En 3,00 m: 3 mm

02 En 6,00 m: 6 mm

03 En 12,00 m:12 mm

e) Medición

La medición del concreto simple colado será con volumen teórico en metro cúbico con aproximación al centésimo, de acuerdo con los planos de proyecto.

No se medirá el concreto hasta que no esté totalmente terminada, curada, descimbrada y acabada la cimentación completa.

f) Cargos incluidos en el precio unitario integral

En el precio unitario del concreto incluye los suministros de todos los materiales necesarios para su fabricación, tales como los siguientes, sin que esta lista sea limitativa.

- i. El suministro del cemento, aditivos, agregados y agua, así como el manejo, maniobras y acarreos de estos materiales.
- ii. La preparación del colado.

- iii. Suministro, fabricación y colocación de los moldes.
- iv. Los acarreos, muestreo y vaciados del concreto.
- v. El descimbrado y acabado de superficies expuestas y curado con membrana.
- vi. Colocación de anclas que quedarán ahogadas en el concreto de cimientos de estructuras, incluyendo el suministro.
- vii. Bombeo y ademe en su caso.
- viii. Pruebas de laboratorio para verificación del cumplimiento de las especificaciones y control de calidad.

5.6.8 Canaletas y ductos para cables

En el siguiente inciso se detalla los requisitos que deberán tener las canaletas y ductos para cables dentro de las instalaciones de la subestación.

a) Descripción

Se entenderá por canaletas y ductos a las canalizaciones a base de muros de concreto o tabique y tuberías que servirán para colocar los cables de control.

Las canaletas podrán ser prefabricadas.

Estas canalizaciones serán construidas de acuerdo a como se indique en los planos de proyecto.

b) Materiales

El cemento, agregados, cimbras, agua y aditivos usados se deben sujetar a lo indicado en el punto 2.7.2. de estas especificaciones.

El ángulo empleado será de acero galvanizado.

c) Ejecución

El trazo y excavación para las canaletas se debe hacer de acuerdo a lo establecido en el punto 2.3.3 de estas especificaciones.

El suministro y habilitación de hierro de refuerzo se debe ajustar a lo establecido en el punto 2.6.2 de estas especificaciones.

La tubería de PVC dieléctrica se debe ajustar a los diámetros y longitudes indicadas en los planos de proyecto, y deben quedar ahogados en concreto de $f'c= 9,8 \text{ MPa}$ (100 kg/cm^2).

Los ángulos de acero galvanizado utilizados en tapas y en muros laterales, se deben ajustar a lo establecido en los planos de proyecto.

La base y los muros laterales de las canaletas se deben construir con concreto armado, ajustándose a lo establecido en el inciso 2.7 de estas especificaciones.

Para el drenaje de las canaletas se deben dejar pendientes adecuadas en el piso, orientadas a los registros, los cuales se conectarán al drenaje general.

Para el relleno de los espacios dejados entre los muros exteriores y los límites laterales, se utilizará el material excavado. Todo el material sobrante se colocará en los bancos de desperdicios.

Para evitar en lo posible que se introduzca el agua de lluvia, las canaletas deberán sobresalir del piso terminado 10 cm. mínimo.

Las tapas serán de concreto armado, con las dimensiones adecuadas; llevarán un marco de ángulo de acero galvanizado el cual debe estar indicado y detallado en el plano de proyecto.

El acabado de las canaletas serán de tipo natural y las formas pueden construirse de madera o acero, de tal modo que se obtengan las dimensiones y alineamientos especificados, sin pandeos ni salientes notables.

d) Tolerancias

Las tolerancias para la ejecución y recepción serán las aplicadas a los puntos 2.3.4 y 2.7.4 de estas especificaciones.

e) Medición

La unidad de medida será el metro lineal con aproximación al centésimo.

Para la determinación del precio unitario de este concepto, se deberán analizar los distintos tipos de canaletas que indiquen los planos de proyecto.

f) Cargos incluidos en el precio unitario integral

Incluye todos los cargos por mano de obra, equipo, herramientas y materiales para:

- i.** Localización y trazo.
- ii.** Excavación en cualquier tipo de material (inciso 2.3), incluyendo demoliciones de concreto armado.
- iii.** Construcción de plantilla.
- iv.** Construcción de la base y muros de concreto reforzado y, donde se requiera, material igual al existente incluyendo el suministro de acero de refuerzo, cimbra, ángulo, alambrón de 1/4" M y tabique recocido en su caso.
- v.** Construcción de tapas de concreto reforzado, incluyendo ángulo galvanizado.
- vi.** Suministro y colocación de soporte con tubo galvanizado cédula 40, en caso de que así se marque en los planos.
- vii.** Registros para interconexión de equipos.
- viii.** Suministro y colocación de tubo PVC dieléctrico en los diámetros y longitudes marcados en los planos de proyecto para las canalizaciones de las canaletas a los registros de los equipos incluyendo el concreto.
- ix.** Relleno y Compactado.
- x.** Retiro de material sobrante a los bancos de desperdicios aprobados.

5.6.9 Sistema de drenaje

En el siguiente inciso se detalla los requisitos que deberá tener el sistema de drenaje dentro de las subestaciones.

a) Descripción

Se entenderá por sistema de drenaje a todas las líneas de asbesto, PVC y/o concreto simple o reforzado de diferentes diámetros y los registros, alcantarillas, cunetas y contracunetas que se indiquen en los planos del proyecto, que servirán para canalizar por gravedad el agua de lluvias que cae en el predio de la Subestación.

b) Materiales

La tubería se ajustará a lo siguiente:

Podrán ser tuberías de asbesto o PVC de diferentes diámetros según se indique en los planos del proyecto; también podrán ser de concreto, en tal caso se ajustarán a lo siguiente:

Para diámetro nominal de 0.10 m y hasta 0.61 m serán de concreto simple, Exentos de defectos y grietas; para diámetros superiores a 0.61 m y hasta 1.83 m serán de concreto reforzado tipo macho y campana o bien tipo caja y espiga y deben estar exentos de defectos y grietas.

Para la construcción de registros se utilizará concreto reforzado. Las cunetas, contracunetas y cabezales, serán de mampostería de tercera ó concreto, salvo que se indique otra cosa en los planos de proyecto.

c) Ejecución

Para tubos de concreto:

Las excavaciones deben hacerse a las profundidades indicadas en los planos de proyecto; el fondo de las cepas deberá tener apoyo firme y uniforme, además de estar exentos de roca, piedras, calzas y soportes de cualquier índole bajo la tubería en contacto con ella. Se excavará una ranura donde se alojen las campanas y el resto de los tubos deberán quedar perfectamente apoyados sobre el fondo de la cepa.

Las tuberías se colocarán con la campana o la caja de la espiga hacia aguas arriba y se iniciará su colocación de aguas abajo hacia agua arriba.

Las juntas de macho y campana o de caja a espiga deberán juntarse con mortero de cemento-arena en proporción 1:3.

Inmediatamente después de colocar un tramo de tubería entre registro y registro, se debe verificar línea y nivel, se debe comprobar la impermeabilidad de los tubos y juntas ejecutando pruebas con agua, las cuales consistirán en tapar un extremo de la línea (aguas abajo) y llenarlo con agua, dejándolo reposar un tiempo razonable.

El relleno de la cepa se hará teniendo cuidado de colocarlo abajo y alrededor del tubo, ajustándose a lo previsto en el concepto "Relleno Y Compactado".

Los registros y coladeras de rejillas deberán cumplir con las indicaciones de los planos de proyecto, de tal forma que capten total y en forma eficiente las aguas superficiales en el área de la subestación.

A continuación se presentan los anchos recomendables para las zanjas según su profundidad y diámetro de las tuberías que alojan:

Tabla IV Sistema de drenaje

Diámetro nominal de la tubería		Profundidades de las zanjas				
		<i>DE 0.00 m</i> <i>A 1.25 m</i>	<i>DE 1.25 m</i> <i>A 1.75 m</i>	<i>DE 1.75 m</i> <i>A 2.25 m</i>	<i>DE 2.25 m</i> <i>A 2.75 m</i>	<i>DE 2.75 m</i> <i>A 3.25 m</i>
<i>cm.</i>	<i>pulgadas</i>	<i>Ancho de las zanjas en metros</i>				
15	6	0.70	0.90	1.10		
20	8	0.70	0.90	1.10		
25	10	0.70	0.90	1.10		
30	12	0.70	0.90	1.10		
38	15	0.90	1.10			
45	18	1.10	1.10	1.10	1.10	
61	24	1.35	1.35	1.35	1.35	
76	30	1.55	1.55	1.55	1.55	
91	36		1.75	1.75	1.75	
107	42		1.00	2.00	2.00	
122	48				2.10	2.10
152	60				2.45	2.45
183	72					2.80
213	84					3.20

Fuente: Elaboración propia

La colocación de la tubería de concreto se debe hacer de tal manera que en ningún caso se presente una desviación mayor de 10 mm en alineación o nivel de proyecto.

d) Medición

La unidad de medida será el metro con aproximación al centésimo; tomándose las longitudes de centro a centro de registro terminado.

e) Cargos incluidos en el precio unitario integral

- i. Suministro de tubería, tabique, piedra, cemento y arena, incluyendo almacenaje y todas las demás maniobras.
- ii. Excavación a cielo abierto en cualquier tipo de material incluyendo explosivos, materiales, afine, ademe, bombeo y sobreexcavaciones.
- iii. Trazos de líneas, niveles y estacados.
- iv. Limpieza general del sitio y zonas adyacentes.
- v. La colocación de las tuberías, la unión de las mismas con mortero de cemento-arena, la verificación de las líneas, niveles y las correcciones y ajustes.
- vi. La construcción de registros, cunetas, contracunetas y cabezales, según estén indicados en los planos de proyecto.
- vii. Excavación y fabricación de pozos de absorción para drenaje, si así lo indican los planos de proyecto.
- viii. El relleno y compactado de las zanjas para tuberías y registros, así como retiro del material sobrante al banco de desperdicio.
- ix. Prueba hidrostática al drenaje para verificar que no tenga fugas.

5.6.10 Relleno y compactado

En el siguiente inciso se detalla los requisitos que deberán tener el relleno y compactado producto de las excavaciones.

a) Descripción

Se entenderá por relleno y compactado, el cubrir con materiales producto de las excavaciones o de banco de préstamo, a las oquedades hechas en los cimientos para: apartarrayos, transformadores de corriente, trampas de onda, transformadores de potencial, dispositivos de potencial, cuchillas, interruptores, transformadores de potencia, muros divisorios, vías, reactores, estructuras metálicas y aisladores de soporte.

El relleno de depresiones abajo del nivel de proyecto o de sobreexcavaciones en general, se ejecutará de acuerdo con lo estipulado en estas especificaciones.

b) Ejecución

La primera parte del relleno se hará invariablemente empleando material compactable, libre de piedras y deberá ser cuidadosamente colocado y compactado a los lados de los cimientos.

La compactación de los rellenos sobre los cimientos se deberá ejecutar con pisón manual "DE GOLPE", o bien con pisón mecánico, pero deberán de cumplir en cualquier caso el grado de compactación indicado en el proyecto y/o lo que señale el estudio de Geotecnia.

El material de relleno deberá hacerse en capas de 20 cm., medidas antes de compactarse y se llevará un control de humedad por cada capa y tipo de material que se utilice.

El material sobrante después de efectuar el relleno de las excavaciones, debe ser cargado y acarreado hasta los bancos de depósito o desperdicio aprobados.

c) Tolerancias

Para dar por terminado un relleno y compactado incluyendo su afine, se deben verificar líneas y niveles.

d) Medición

La unidad de medida para estimación y/o pago, será el metro cúbico con aprobación al centésimo.

Para determinar los volúmenes se tomarán como base las líneas o niveles de proyecto.

No se tomarán en cuenta para estimación los volúmenes que provengan de sobre excavaciones y derrumbes.

e) Cargos incluidos en el precio unitario integral

- i. El suministro y aplicación de agua para lograr la humedad óptima.
- ii. La colocación y extendido de materiales en capas de espesores indicados.
- iii. Pruebas de verificación del grado de compactación del material de relleno indicado por el proyecto.
- iv. El acarreo del material sobrante hasta el banco de desperdicio.

5.6.11 Casetas y edificios

En el siguiente inciso se detalla los requisitos que deberán tener las casetas y edificios en las subestaciones.

a) Descripción

Las casetas y edificios, son las edificaciones donde se alojan las subestaciones Metal Clad, SF6, Tableros de control, protección y medición, y de servicios propios, baterías, cargadores, equipo de comunicaciones, oficina, comedor, vestíbulo, bodega, sanitarios etc. Los materiales que se utilizarán deben ser los indicados en el proyecto.

b) Excavaciones

En el siguiente inciso se detalla los requisitos que deberá tener las excavaciones durante la construcción de la subestación.

i. Descripción

Son las cepas necesarias para alojar los cimientos que servirán para desplantar los soportes de los equipos. Estas cepas se ajustarán a las dimensiones indicadas en los planos de proyecto.

El fondo de las cepas deberá mostrar un suelo firme y uniforme.

ii. Medición

La unidad de medida será el metro cúbico con aproximación al centésimo, partiendo de las dimensiones indicadas en los planos de proyecto con las modificaciones en ∇ por cambios ordenados por el "SUPERVISOR".

iii. Cargos incluidos en el precio unitario integral

- 01 Trazos de líneas, niveles y estacados.
- 02 La excavación en cualquier tipo de material (inciso 2.3) incluyendo explosivos, materiales, afine, ademes, taludes y bombeo de agua según sea el caso.
- 03 Limpieza general del sitio de excavación y zonas adyacentes.
- 04 Tramitación de permisos y obtención de los mismos para adquisición, transporte y uso de explosivos.
- 05 Acarreo de material sobrante de las excavaciones hasta los bancos de desperdicio.

c) Concreto

En el siguiente inciso se detalla los requisitos que deberá tener el concreto en la construcción de las subestaciones.

i. Descripción

Es la mezcla de materiales inertes (grava y arena), agua y cemento que entran en cantidades determinadas por un laboratorio cumpliendo un proporcionamiento que garantice la obtención de una resistencia especificada para cada elemento estructural, debiendo emplearse para pisos, columnas, trabes, contratrabes, castillos, dalas, losas de cimentación y losas de entrepisos o de azotea.

ii. Materiales

Los materiales deberán cumplir con lo indicado en el punto 2.7.2 de estas especificaciones.

iii. Medición

La unidad de medida debe ser el metro cúbico con aproximación al centésimo.

iv. Cargos incluidos en el precio unitario integral

- 01 Suministro, transporte, almacenamiento mezclado, colocado de los materiales necesarios para la elaboración del concreto.
- 02 Formación y colocación de los moldes y su obra falsa.
- 03 Colocación del concreto de acuerdo a procedimientos ya especificados.
- 04 Toma de muestras para comprobación de la resistencia del concreto.

- 05 Bombeo y ademe en su caso.
- 06 Descimbrado, curado y acabado de las superficies expuestas.
- 07 Suministro y colocación de plantilla de concreto pobre.
- 08 Retiro de desperdicios a los bancos aprobados por INDE.

d) Acero de refuerzo

En el siguiente inciso se detalla los requisitos que deberá tener el acero de refuerzo para la construcción de las subestaciones.

i. Descripción

Son las varillas lisas o corrugadas que se colocan dentro del concreto y que tiene como función tomar o ayudar a tomar esfuerzos en losas de piso, dalas de desplante y cerramiento, castillos, columnas y losas de techo o de cimentación.

ii. Materiales

Los materiales deberán cumplir con lo indicado en el punto 2.6 de estas especificaciones.

iii. Medición

La unidad de medida será la tonelada con aproximación al centésimo tomando como base las longitudes y cantidades que señalen los planos de proyecto.

iv. Cargos incluidos en el precio unitario integral

- 01 Suministro, manejo, acarreos, desperdicios y maniobras.
- 02 El enderezado, limpieza, corte y doblado de acero.
- 03 La colocación, fijación, incluyendo el alambre recocido en amarres, silletas, ganchos y traslapes.

e) Relleno compactado

En el siguiente inciso se detalla los requisitos que deberá tener el relleno compactado después de las excavaciones.

i. Descripción

Es el material necesario para cubrir las oquedades que quedan entre el cimiento y la excavación cumpliendo con procedimientos y especificaciones del proyecto.

ii. Materiales

Se podrá usar el material producto de la excavación siempre y cuando no sea con material expansivo y sea compactable, en caso contrario se usará material de banco aprobado por el "SUPERVISOR".

iii. Ejecución

La forma de proceder consiste en ir colocando capas de material de 20 cm. sueltos en forma horizontal y con una cantidad de agua suficiente para lograr el grado de compactación especificado en los planos de proyecto y/ó el estudio de Geotecnia.

Para lograr su compactación deberá emplearse pisón de golpe o placa vibratoria.

iv. Cargos incluidos en el precio unitario integral

- 01 Suministro, acarreo, homogenización y colocación del material necesario para el relleno.
- 02 Bombeo en caso necesario.
- 03 Pruebas de compactación.

v. Medición

La unidad de medida será el metro cúbico con aproximación al centésimo.

f) Pisos

En el siguiente inciso se detalla los requisitos que deberá tener el piso que se colocara dentro de las casetas de la subestación.

i. Descripción

Son las superficies horizontales o inclinadas construidas con un determinado material y que sirven para transitar.

ii. Materiales

Los materiales a emplear en pisos para casetas de control en las salas de servicios propios y Metal Clad, así como en los edificios SF6 serán por lo general losas de concreto con un acabado de cemento pulido con terminado a base de sellador y recubrimiento epóxico y acabado de poliuretano, pudiendo también ser de loseta; en todo caso debe estar especificado en los planos de proyecto. Para las zonas de tableros de control, oficinas y baños se debe utilizar loseta antiderrapante, en tanto que en la zona de baterías debe colocarse loseta antiácida con pegamento especial compatible con dichas características.

Siempre se emplearán materiales de la mejor calidad respetando el color y dimensiones indicadas en los planos de proyecto.

iii. Ejecución

En la construcción de pisos, éstos invariablemente se ajustarán a los niveles que estipule el proyecto; haciendo las pruebas necesarias que garanticen su cumplimiento.

Los pisos se construirán cuando ya se hayan colocado todos los ductos y tuberías que indique el proyecto incluyendo el sistema de tierras.

iv. Cargos incluidos en el precio unitario integral

- 01 Suministro, acarreo y colocación de los materiales necesarios.
- 02 Suministro y colocación de los separadores necesarios que indiquen los planos.
- 03 Pruebas de laboratorio en caso de concreto.

v. Medición

La unidad de medida para pisos será el metro cuadrado con aproximación al centésimo.

g) Muros

En el siguiente inciso se detalla los requisitos que deberá tener los muros en la subestación.

i. Definición

Son los elementos constructivos verticales en una edificación que sirven para dividir espacios.

ii. Materiales

En las casetas de control los muros podrán construirse con tabique rojo recocido o block de concreto ligados con castillos y dalas de cerramiento con las dimensiones que indiquen los planos de proyecto y con resistencia a la compresión que se especifique en los mismos.

iii. Ejecución

Los muros se construirán sobre la dala de desplante, la cual podrá ser parte del cimiento. Se construirán por hiladas horizontales y a nivel, juntándose con mortero cemento-arena 1:3 con espesor de 1 a 1.5 cm.

iv. Cargos incluidos en el precio unitario integral

- 01 Suministro, transporte y colocación de todos los materiales necesarios.
- 02 Andamios y maniobras para su construcción.
- 03 Agua para humedecer el tabique.
- 04 Pruebas a la compresión del tabique o block.
- 05 Construcción de castillos y dalas de cerramiento.
- 06 Retiro de material sobrante y limpieza de las áreas afectadas.

v. Medición

La unidad de medida será el metro cuadrado con aproximación al centésimo.

h) Aplanados con mezcla

En el siguiente inciso se detalla los requisitos que deberá tener los aplanados existentes en la subestación.

i. Definición

El aplanado es la protección necesaria para dar uniformidad al muro y el acabado que se especifique en los planos.

ii. Ejecución

Donde lo indiquen los planos de proyecto, los muros se deberán recubrir con mezcla de mortero cemento-arena 1:3 y tener un espesor de 1 cm. con el acabado que marque el proyecto humedeciendo de antemano el muro para evitar agrietamientos por pérdida de humedad del mortero.

iii. Cargos incluidos en el precio unitario integral

- 01 Suministro y acarreo de todos los materiales necesarios y su aplicación.
- 02 Andamiaje necesario para su construcción.
- 03 Pruebas o certificados de calidad de los materiales.
- 04 Agua necesaria para humedecer el muro.
- 05 Retiro del material sobrante.

iv. Medición

La unidad de medida será el metro cuadrado con aproximación al centésimo.

i) Aplanados de yeso

En el siguiente inciso se detalla los requisitos que deberán tener los aplanados existentes en la subestación.

i. Definición

Los aplanados de yeso es la aplicación de este material para dar un acabado en los muros interiores.

ii. Ejecución

Donde lo indiquen los planos de proyecto los muros se recubrirán con yeso el cual debe tener un espesor de 1 cm. Siempre que se aplique la pasta de yeso al muro, éste deberá estar húmedo para evitar agrietamiento en el aplanado por pérdida de humedad.

iii. Cargos incluidos en el precio unitario integral

- 01 Suministro y transporte de todos los materiales necesarios.
- 02 Andamiaje necesario para su aplicación.
- 03 Pruebas de calidad de los materiales.
- 04 Agua necesaria para la mezcla y humedecimiento de los muros.
- 05 Limpieza y retiro del material sobrante.

iv. Medición

La unidad de medida será el metro cuadrado en aproximación al centésimo.

j) Recubrimientos de azulejo

En el siguiente inciso se detalla los requisitos que deberá tener el recubrimiento en los azulejos que se colocaran en la caseta de servicios.

i. Definición

Este recubrimiento generalmente se aplica en lugares expuestos a la celda de agua para que impermeabilice y proteja los muros.

ii. Ejecución

En las partes que lo indique el proyecto se colocará el azulejo con el color que se indique en los planos, y acabado con lechada de cemento blanco en las juntas. Para su colocación deben humedecerse tanto los muros y como los azulejos.

iii. Cargos incluidos en el precio unitario integral

- 01 Suministro y transporte de todos los materiales necesarios.
- 02 Andamiaje necesario en su caso.
- 03 Pruebas o certificados de calidad de los materiales.
- 04 Agua necesaria para humedecer el muro y el azulejo.
- 05 Limpieza y retiro del material sobrante.

iv. Medición

La unidad de medida será el metro cuadrado con aproximación al centésimo.

k) Plafones

En el siguiente inciso se detalla los requisitos que deberá tener los plafones en la subestación.

i. Definición

Cuando lo indiquen los planos de proyecto y para dar una mejor apariencia, será necesario construir falsos plafones en las losas de techo que consisten en la colocación de metal desplegado el cual se cubre con yeso para dar una apariencia tersa; deberá ser perfecto su alineamiento y nivelación.

ii. Cargos incluidos en el precio unitario integral

- 01 Suministro, transporte y colocación de los materiales necesarios.
- 02 Andamiaje necesario.
- 03 Agua necesaria para humedecer el muro y el azulejo.
- 04 Limpieza y retiro del material sobrante.

iii. Medición

La unidad de medida será el metro cuadrado con aproximación al centésimo.

l) Plafón de mezcla sobre losa de concreto

En el siguiente inciso se detalla los requisitos que deberán tener los plafones de mezcla en las losas de concreto de las subestaciones.

i. Definición

Es un recubrimiento que tiene como objeto mejorar el aspecto de la losa. Tendrá un espesor de 6 mm y se hará un mortero cemento–arena en proporción 1:3 ó como indiquen los planos de proyecto.

ii. Cargos incluidos en el precio unitario integral

- 01 Suministro, transporte y colocación de los materiales necesarios.
- 02 Andamios para su colocación.
- 03 Limpieza y retiro del material sobrante.

iii. Medición

La unidad de medida será el metro cuadrado con aproximación al centésimo.

m) Pintura

En el siguiente inciso se detalla los requisitos que deberá la pintura que se colocara en las paredes de las casetas de la subestación.

i. Definición

Es el material que se aplica sobre los aplanados mediante el uso de brocha o rodillo, en los colores y calidades que fijen los planos de proyecto.

ii. Ejecución

Una vez seco el aplanado en los muros se aplicará como mínimo 2 manos de pintura vinílica o lo que indiquen los planos de proyecto, sin defectos en esta superficie de modo que se logre un acabado terso y uniforme.

iii. Cargos incluidos en el precio unitario integral

- 01 Suministro y transporte de los materiales necesarios.
- 02 Andamiaje necesario.
- 03 Limpieza y retiro de materiales sobrantes.

iv. Medición

La unidad de medida será el metro cuadrado.

n) Puertas de madera

En el siguiente inciso se detalla los requisitos que deberán tener las puertas de madera que se colocaran en la caseta de la subestación.

i. Definición

Son accesos de intercomunicación que se construirán con bastidores y marcos de madera de pino de primera; las tapas serán de triplay de pino con el espesor y acabado que indiquen los planos de proyecto.

ii. Cargos incluidos en el precio unitario integral

- 01 Suministro y transporte de los materiales necesarios.
- 02 Cerrajería que se indique en los planos de proyecto.
- 03 Chambranas en el material que se pida.
- 04 Acabado que se especifique.

iii. Medición

La unidad de medida será la pieza

o) Herrería

En el siguiente inciso se detalla los requisitos que deberá tener la herrería que se deberá colocar en las instalaciones de la subestación.

i. Definición

Las puertas y ventanas exteriores se construirán de metal salvo que los planos de proyecto indiquen material o materiales diferentes, incluyendo materiales y accesorios necesarios a utilizar. En toda la ventanería se colocarán protección a base de hierro tubular.

ii. Cargos incluidos en el precio unitario integral

- 01 Suministro y transporte de todos los materiales necesarios.
- 02 La cerrajería necesaria que deberán indicarse en los planos de proyecto.
- 03 Instalación y acabado que se indique en planos de proyecto.
- 04 Protecciones que se indiquen en planos de proyecto.
- 05 Cristales y accesorios necesarios.
- 06 Retiro de material sobrante.

iii. Medición

La unidad de medida debe ser el metro cuadrado con aproximación al centésimo.

p) Instalación sanitaria

En el siguiente inciso se detalla los requisitos que deberá tener la instalación sanitaria en la caseta de la subestación.

i. Definición

Es la instalación necesaria para los servicios sanitarios con que contará la caseta.

ii. Materiales

Los materiales a usar serán en la calidad y color que se indique en los planos de proyecto para los muebles sanitarios (WC, mingitorios, lavabos y accesorios).

El tinaco y la fosa séptica serán en la calidad y capacidad que se indique en los planos de proyecto.

La tubería para alimentación de agua será de cobre en el diámetro que se marque en el plano.

La tubería para drenaje de aguas jabonosas será de concreto y en el diámetro que se indique en el proyecto.

La tubería para drenaje en cuarto de baterías será de P.V.C. y en el diámetro que se indique en el proyecto.

iii. Cargos incluidos en el precio unitario integral

- 01 Suministro, transporte y colocación de todos los materiales y muebles sanitarios.
- 02 Limpieza y retiro de materiales sobrantes.

iv. Medición

La unidad de medida para los muebles será la pieza; para las tuberías de cobre, concreto y P.V.C. será el metro lineal incluyendo los accesorios necesarios.

q) Impermeabilidad.

En el siguiente inciso se detalla los requisitos que deberá tener la impermeabilidad en las paredes de la caseta de la subestación.

i. Definición

Es la protección que se coloca a las losas de azotea para impedir que el agua de lluvia se filtre al interior de la caseta de control, se indica en los planos de proyecto.

ii. Materiales

Generalmente se utilizan productos asfálticos y membranas que se especifican en los planos de proyecto.

Estos productos entre otros, pueden ser capa impermeable de microseal 3A ó similar, reforzada con una membrana fester flex o similar.

iii. Ejecución

Una vez limpia la superficie por impermeabilidad se aplicarán 2 capas de microseal 3A ó similar que se cubrirán con una membrana fester flex ó similar y se dará una tercer capa de microseal 3A que se cubrirá con tezontle rojo triturado con grano máximo de 5 mm.

iv. Cargos incluidos en el precio unitario integral

01 Suministro y transporte de todos los materiales necesarios.

02 Maniobras y andamios necesarios para su colocación.

03 Pruebas o certificados de calidad de los materiales.

v. Medición

La unidad de medida será el metro cuadrado con aproximación al centésimo.

r) Instalación eléctrica.

En el siguiente inciso se detalla los requisitos que deberá tener la instalación eléctrica en la subestación.

i. Definición

Es la instalación necesaria para contar con el alumbrado exterior e interior del edificio y caseta de control, con los contactos y salidas que indiquen los planos de proyecto.

ii. Ejecución

Antes de proceder a la fundición de la losa de piso, de la losa de azotea o al colocar el aplanado en los muros, deberá colocarse la tubería de PVC o poliducto para el cableado así como los accesorios indispensables como son: chalupas, contactos, apagadores, registros, etc.

iii. Medición

La unidad de medida será la "Salida", entendiéndose por tal el cableado necesario desde el tablero de distribución o de servicios propios a cada una de las lámparas incluyendo en ello el cableado al apagador, los tomacorrientes y receptáculos para bombillas y el contacto según se indique en el plano respectivo, incluyendo la unidad de alumbrado.

iv. Cargos incluidos en el precio unitario integral

- 01 Transporte, suministro y colocación del material y equipo necesario para la instalación eléctrica (centro de carga para servicios propios, interruptores termomagnéticos, contactos, lámparas, tuberías de PVC, poliducto, cable y accesorios) que indiquen los planos de proyecto.
- 02 Limpieza y retiro de sobrantes.
- 03 Pruebas necesarias para comprobación.

s) Bandejas y gabinetes de conexiones

En el siguiente inciso se detalla los requisitos que deberán tener las bandejas y gabinetes de conexiones interiores en la caseta de la subestación.

i. Definición

Dentro de la caseta de control, a la llegada de las canaletas de la Subestación, se requiere un gabinete autosoportado color gris, ANSI 61, servicio interior, fabricado en lámina de acero calibre 12, con una altura de 170 cm., ancho de 110 cm. y espesor de 30 cm., con puertas embisagradas, sin cubierta inferior y superior, dos huecos de 35 x 15 cm. en la parte posterior, cuatro borneras terminales de 60 Bornes para 600 volts, ocho ductos cuadrados y ranurados de 6.25 cm. con cubierta removible (PANDUIT) y largo de acuerdo a la longitud de la bornera instalada, y una barra de cobre de 3/16" x 1 1/4" x 31" en la parte inferior para conectarse al sistema de tierras o según indiquen los planos de proyecto.

Los cables de los equipos de Subestación se conectarán a estas borneras y de éstas se conducirán mediante bandejas de aluminio a los tableros de control en la caseta.

Las bandejas de aluminio son conductos de sección variable, según el número de cables o lo especificado en el proyecto, que soportan los cables de control de acuerdo a trayectorias fijadas por el proyecto.

Estas bandejas se fijan a la losa de techo mediante soportes.

ii. Cargos incluidos en el precio unitario integral

- 01 Transporte, suministro y colocación de las bandejas y gabinetes de tablillas, accesorios de soporte y fijación según indiquen los planos de proyecto.
- 02 Pruebas o certificado de calidad de los materiales.

iii. Medición

La unidad de medida para el gabinete será la pieza y para las bandejas el metro lineal.

t) Mampostería

En el siguiente inciso se detalla los requisitos que deberá tener la mampostería.

i. Descripción

Se entenderá por mampostería la obra formada por fragmentos de roca unidos con mortero cemento-arena en proporción 1:6, éste debe colocarse de tal modo que garantice un asiento adecuado de las piedras sin dejar oquedades; la piedra debe ser de buena calidad, homogénea, durable y resistente a los esfuerzos internos y la acción del intemperismo, sin grietas ni partes alteradas.

ii. Ejecución

La mayor dimensión de las piedras deberá ir colocada en sentido transversal al eje del cimiento, procurando que toda piedra grande quede en la parte inferior y la pequeña en la superior, las superficies deberán ser uniformes y se apegarán a las secciones de proyecto.

iii. Medición

Se medirá tomando como unidad el metro cúbico con aproximación al décimo, las cantidades se determinarán de acuerdo a las dimensiones indicadas en los planos de proyecto.

iv. Cargos incluidos en el precio unitario integral

- 01 Colocación de piedra, suministro de cemento, agregados y agua, así como el manejo y maniobras de la materiales hasta el sitio de su colocación.
- 02 Fabricación del mortero.
- 03 Construcción de mampostería.
- 04 Retiro del material sobrante a los bancos de desperdicio aprobados por INDE.

u) Barda perimetral

En el siguiente inciso se detalla los requisitos que deberá tener la barda perimetral de la subestación.

i. Descripción

La barda perimetral es la estructura que tiene como finalidad delimitar el predio y proteger la Subestación, debe ser localizada en los puntos indicados por las mojoneras que colocará INDE. En todo caso se ha de cumplir con lo establecido en el apartado especificaciones para diseño de subestaciones.

ii. Materiales y ejecución

La barda podrá ser de Malla ciclón o de muro

En caso de ser de muro se deberá atender a lo siguiente:

La cimentación podrá ser de mampostería o concreto, aislada o corrida; si es de mampostería se coronará con una dala de 20 x 20 cm. armada con un mínimo de 4 varillas #3 (3/8") M con estribos de 3/8" cada 25 cm.; se deben colocar castillos con una sección de 20 x 20 cm. ó 30 x 20 cm. (según el tipo de barda especificado en cada caso), espaciados cada 300 cm. y desplantados al mismo nivel inferior de la mampostería. Para el caso de zapatas aisladas de concreto, el desplante del muro se debe hacer sobre una trabe de desplante diseñada para tal fin, la cual debe estar registrada en los planos de diseño.

El concreto para trabes (contratrabe), dalas y castillos será de $f'c= 19,6$ MPa (200 kg/cm^2).

Sobre la dala o contratrabe, según sea el caso, se desplantará el muro de block macizo de 15x20x40 cm. que deberá tener una resistencia mínima a la compresión de 3,9 MPa (40 kg/cm^2).

Este block se juntará con mortero cemento-arena 1:5 colocándose en hiladas horizontales cuatrapeadas debiendo quedar las juntas horizontales a nivel y las verticales a plomo.

Se deben rematar las hiladas horizontales de manera que se forme una superficie dentada en contacto con el concreto de los castillos.

El exceso de revoltura debe eliminarse cuando el acabado del muro sea aparente, ó aplanado como lo indique el plano del proyecto.

La altura de este muro será de 2.60 m, 3,20 m ó 5,00 m, según se indique en cada caso, debiendo coronarse con una dala de cerramiento de 20 x 20 cm. armada con 4 varillas #3 (3/8") M y estribos de alambón de 3/8" M a cada 25 cm.

Toda la barda deberá rematar en su parte superior con los elementos de protección que se señalan en los **“LINEAMIENTOS GENERALES PARA SISTEMAS INTEGRALES DE SEGURIDAD FÍSICA PARA SUBESTACIONES”** del INDE.

En caso de utilizarse malla, deberá atenderse a lo expresado en los **“LINEAMIENTOS GENERALES PARA SISTEMAS INTEGRALES DE SEGURIDAD FÍSICA PARA SUBESTACIONES”** del INDE.

Las puertas de acceso a la Subestación se apegarán a lo indicado en los **“LINEAMIENTOS GENERALES PARA SISTEMAS INTEGRALES DE SEGURIDAD FÍSICA PARA SUBESTACIONES”** del INDE y, a las características particulares de cada proyecto.

iii. **Tolerancias**

Para las excavaciones, rellenos, mamposterías, concretos, etc., se aplicarán las tolerancias estipuladas en estas especificaciones.

iv. Medición

La unidad de medición será el metro lineal con aproximación al centésimo.

v. Cargos incluidos en el precio unitario integral

El precio unitario de las cercas deberán incluir el suministro de los materiales y mano de obra requeridos para: Trazo de cimentaciones, excavaciones, rellenos, mampostería, zapatas de concreto, dala de concreto (cadena) o contratrabe, castillos, dala de cerramiento, muro de tabique o de malla, protección superior según planos de proyecto, retiro de material sobrante y limpieza del área de trabajo.

v) Pisos terminados

En el siguiente inciso se detalla los requisitos que deberá tener los pisos.

i. Descripción

Se entenderá por área de pisos terminados a la zona donde se localizará el equipo de la Subestación. En esta zona, se hará una preparación final después de haber nivelado el piso firme, asegurando un adecuado drenaje superficial.

ii. Ejecución

El acondicionamiento para recibir el piso terminado y el recubrimiento, deberá hacerse en la última etapa de construcción de la Subestación, para evitar en lo posible escurrimientos de agua superficial, el tránsito de vehículos o cualquier otra causa nociva que dañe el piso acondicionado.

Para evitar al máximo que se desarrolle la hierba en los pisos terminados; se debe aplicar un tratamiento al suelo que no altere sus condiciones naturales, el cual consistirá en la aplicación de cualquiera de las dos mezclas siguientes homogeneizadas con agua:

Mezcla de mortero–arena en proporción de 1:8, con un espesor de 5 cm.

Mezcla de cal–arena en proporción de 1:5, con un espesor de 5 cm.

En ambos casos consolidar y nivelar el piso.

Una vez que se tenga acondicionada la superficie del terreno que recibirá el piso terminado, se aplicará la terminación especificada en el proyecto y que podrá ser como sigue:

- 01 **GRAVA:** Se usará grava triturada o de canto rodado. Este material será cribado y lavado, con tamaño máximo de 50.8 mm (2") que se extenderá para formar una capa de 10 cm. de espesor.

- 02 **CARPETA ASFÁLTICA:** Se usará grava triturada o de canto rodado. Este material será cribado y lavado, con tamaño máximo de 38 mm (1.5") que se extenderá para formar una capa de 10 cm. de espesor, terminada con carpeta asfáltica de dos riegos. Como sello, se aplicará un riego de gravilla fina razón de 10 lts./m².
- 03 **CONCRETO:** Los pisos terminados también podrán ser de concreto armado con mallas electrosoldadas o el refuerzo que marque el diseño; su construcción se debe apegar a las especificaciones que señalen los planos de proyecto.

iii. Tolerancias

Se aplicarán las tolerancias indicadas en las terracerías, indicando el requisito de que las pendientes serán uniforme y orientadas hacia los registro para drenaje.

No se permitirá ninguna depresión que ocasione encharcamientos de agua.

iv. Medición

La unidad de medida será el metro cuadrado con aproximación al décimo, partiendo de las dimensiones indicadas en los planos de proyecto.

v. Cargos y operaciones incluidos en el precio unitario integral

Incluye todos los cargos por mano de obra, equipo, herramienta, materiales, etc., requeridos para:

- 01 Acondicionamiento de terreno (compactación y nivelado).
- 02 Tratamiento de piso para evitar el desarrollo de la hierba.
- 03 Suministro y extendido de grava o tezontle.
- 04 Construcción de carpeta asfáltica mínimo de dos riegos.
- 05 Riego de sello con gravilla fina.
- 06 Colocación de concreto armado, cuando así lo señale el diseño.
- 07 Construcción de guarniciones de concreto armado según se especifique en planos de proyecto.
- 08 Lavado y cribado del material.
- 09 Retiro de material sobrante y limpieza de las áreas de trabajo.

w) Caminos de acceso exteriores e interiores

Normalmente las Subestaciones de Potencia se localizan en lugares próximos a caminos ya existentes, pero en los casos que sea necesario construir camino exterior, será de acuerdo a lo que indique el proyecto. Los accesos interiores siempre deben construirse de acuerdo a las características y especificaciones que marquen los planos de proyecto.

i. Descripción

Los caminos de acceso deberán construirse de acuerdo al diseño elaborado para el mismo, garantizando la seguridad de acceso de equipo pesado en cualquier época del año.

ii. Ejecución

El constructor se apegará a las normas establecidas por la dirección general de caminos del ministerio de comunicaciones y obras públicas, correspondiente a la construcción de caminos secundarios.

El INDE indicará al Constructor la trayectoria del camino exterior en los documentos particulares; los interiores los definirá el proyecto de distribución de equipo y estructuras de la subestación y deben quedar definidos en los planos de diseño respectivos.

El Constructor deberá mantener un buen estado tanto el camino de acceso exterior como los accesos interiores durante la construcción de la Subestación y garantizar su funcionamiento posterior.

iii. Tolerancias

El ancho mínimo de corona será de 5.50 m.

iv. Medición

La unidad de medida será el kilómetro, debiéndose considerar dentro del precio unitario las obras de arte, acarreos de material y accesos provisionales necesarios y carriles de cambio de velocidad (aceleración y desaceleración).

v. Cargos incluidos en el precio unitario integral

El precio unitario incluye la operación y cargos siguientes:

- 01 Trazo de líneas, niveles y estacados.
- 02 Desmonte.
- 03 Cortes en terrenos a la profundidad indicada en los planos de proyecto, incluyendo explosivos y afine de taludes.
- 04 Formación de terraplenes compactados con materiales procedentes de cortes ó de préstamos.
- 05 Construcción de base, riego de impregnación, y colocación de carpeta asfáltica
- 06 Suministro y aplicación de agua para lograr la humedad óptima.
- 07 Extendido y compactado en capas del espesor indicado.
- 08 Construcción de obras de arte que se indiquen.
- 09 Reparación de daños causados durante la construcción.
- 10 Acarreos de material sobrante o inadecuado hasta los bancos de desperdicio.

5.7 Obra electromecánica

En este apartado se detallara en que consiste la obra electromecánica para la construcción de la subestación.

5.7.1 Montaje de estructuras mayores y menores

A continuación se detallara la forma en que se deberá montar las estructuras dentro de la subestación.

a) Descripción

Se entenderá por estructuras mayores a las columnas y trabes que soportan los buses aéreos para su conexión con los diferentes equipos. Se entenderá por estructuras menores a aquellas que soportan interruptores de potencia, cuchillas desconectadoras, transformadores de instrumento (TC's, TPI's y TPC's), apartarrayos, trampas de onda, aisladores soporte, así como buses de terciario y otros.

b) Ejecución

Recibidos y clasificados todos los elementos y terminadas las cimentaciones, se procederá al armado y montaje de las mismas, con el equipo y métodos adecuados que garanticen la correcta ejecución del trabajo.

Si INDE observa defectos en el prearmado o montaje de alguna parte de las estructuras, el contratista deberá realizar las correcciones necesarias hasta dejar las instaladas a satisfacción. En ningún caso se admitirá la instalación de elementos forzados o deformados.

Cuando se detecten daños en los elementos, ya sean en su maquinado o galvanizado y no sea posible su corrección, el constructor deberá adquirir a su costo los nuevos elementos.

c) Medición

La unidad de medida será la tonelada con aproximación al centésimo, incluyendo el peso del galvanizado.

d) Cargos incluidos en el precio unitario integral

Comprenderán los cargos y operaciones siguientes:

- 01 La recepción, carga, almacenaje y acarreo al sitio de montaje.
- 02 El prearmado e instalación definitiva de todos los elementos estructurales de acuerdo con los planos de montaje.
- 03 Conexión de la estructura al sistema de tierras, en cada una de las columnas y capiteles metálicos.

5.7.2 Montaje, tendido y conectado de buses.

Aquí se detalla como se deberá realizar el montaje, tendido y conectado de buses dentro de la subestación.

a) Descripción

Se entenderá por montaje, tendido y conectado de buses a los trabajos para instalar los aisladores de suspensión y tipo poste, herrajes, accesorios, cables conductores, guarda, tubos conductores que formen las canalizaciones de las distintas áreas de voltaje que componen la subestación.

b) Disposiciones

En la presentación del presupuesto se analizarán por separado las siguientes actividades por área de voltaje:

Montaje de cadena de aisladores de suspensión y tipo poste, tendido y tensado de cable conductor y guarda, tendido de tubo conductor y colocación de herrajes y puentes para determinar el precio unitario único por metro lineal de cable y/o tubo conductor instalado debiéndose incluir en este precio las bajadas a equipo y las conexiones de cable y/o tubo entre equipo eléctrico primario (puente entre equipo). La medición se considerará entre centros de trabes.

El constructor deberá cuidar que el cable conductor no permanezca tendido sin enclenar más de 72 horas.

c) Ejecución

En la instalación de puentes se vigilará que guarde la distancia a tierra y a fase indicados en los planos de proyecto de acuerdo a las normas aplicables.

El constructor deberá contar con equipo apropiado para este tipo de trabajo.

Durante el transporte y tendido de cable conductor y tubos, el constructor debe tener cuidado de no provocar deterioros, evitando se tenga contacto con el suelo.

No se permitirán empalmes en cables conductores y en el caso de tubos se distribuirá en tal forma que el empalme no quede en el centro del claro.

El constructor deberá tensar usando el método de medición directa de flechas; verificando con dinamómetros comprobados de acuerdo a tablas de flechas y tensiones calculadas por él.

Las cadenas y columnas de aisladores tendrán la disposición y número de piezas que indiquen los planos de proyecto.

En la tornillería de los conectores y accesorios, deberán comprobarse su ajuste con medidor de par o herramienta similar para evitar que queden flojos.

Se vigilará que los herrajes y aisladores que lleven chavetas estén bien colocadas y se evite su desprendimiento por los efectos de vibraciones.

d) Tolerancias

En la instalación de herrajes, aisladores y accesorios de elementos, se deberán ajustar rigurosamente a las indicaciones de los planos de proyecto o a instrucciones del fabricante.

Los conductores de la misma bahía que tengan igual nivel y calibre, deben conservar la misma flecha, aceptando una tolerancia máxima de 3 cm., entre fase; conservando las distancias mínimas a tierra.

En conductores múltiples la tolerancia entre flecha será de 2 cm., conservando siempre la distancia mínima a tierra.

e) Cargos y operaciones incluidos en el precio unitario integral

- 01 La recepción, carga y acarreo al sitio, almacenamiento y montaje de todos los materiales.

- 02 Montaje de cadenas de aisladores de suspensión y tipo poste, tendido y tensado de cables conductores y guarda, tendido y conectado de tubos conductores, colocación de herrajes, conectores, accesorios, puentes etc.
- 03 En caso de que el proyecto indique bus terciario para bancos de transformación, la ejecución del mismo quedará integrada en este concepto.

5.7.3 Montaje de transformadores y reactores de potencia

En el siguiente apartado se detalla los requisitos que deberá tener el montaje de transformadores.

a) Descripción

Esta especificación de montaje se aplicará a transformadores, autotransformadores y reactores sumergidos en aceite, servicio intemperie, autoenfriado y/o enfriamiento forzado para, monofásicos y trifásicos.

b) Disposiciones

El equipo y material que se montará en este concepto estará bajo la responsabilidad del montador en todos los aspectos relacionados con el su manejo y montaje, obligándose a reponer a entera satisfacción del INDE, por todos los daños o pérdidas que ocurriesen. En la presentación del presupuesto se analizará por separado las siguientes actividades por cada banco de transformadores, autotransformadores o reactores que tenga la subestación y se integrará a un sólo precio unitario por banco.

- i. Revisión interior.
- ii. Maniobras para su colocación en sitio.
- iii. Montaje de boquillas, radiadores, tanque, gabinetes de control y accesorios.
- iv. Tratamiento preliminar de alto vacío.
- v. Tratamiento de secado del aislamiento.
- vi. Llenado de aceite.
- vii. Aplicación de pintura anticorrosiva y de acabado.
- viii. Fijación de los gabinetes centralizadores de control y de cambiador de derivaciones.
- ix. Conexión del transformador al gabinete de control local y conexión a buses (la conexión de cables de control y fuerza de los gabinetes locales a los gabinetes centralizadores se considerará dentro del concepto "Tendido y Conectado de Cable de Control").

c) Ejecución

- i. Los transformadores de potencia de alta tensión y grandes capacidades son empacados en fábrica para facilitar su transporte sin aceite aislante, accesorios separados y en algunos casos en secciones modulares. Para preservación de los aislamientos y evitar la entrada de humedad de los mismos, durante su transporte el tanque se llena con nitrógeno o aire seco a presión positiva.

- ii. El contratista al recibir el transformador para su instalación, deberá efectuar una minuciosa inspección exterior con el objeto de verificar que no haya signos de daños externos; se revisarán las condiciones de presión, contenido de oxígeno y punto de rocío del nitrógeno o aire seco según el caso.
- iii. Al iniciar el armado del transformador se revisará internamente para verificar y/o confirmar si no tiene daños; esta revisión consistirá en lo siguiente:
- iv. Antes de iniciar la revisión interna se tomarán precauciones para evitar riesgos de sofocación o contaminación por gas, para lo cual se deberá evacuar con bomba de vacío y substituir con aire seco; si la presión del gas es "CERO" o "NEGATIVO", y el contenido de oxígeno y punto de rocío son mayores que los esperados, existe la posibilidad de que los aislamientos del transformador estén contaminados con aire y humedad de la atmósfera, por lo cual será necesario someter el transformador a un riguroso proceso de secado después de su armado.
- v. El transformador no se deberá abrir en circunstancias que permitan la entrada de humedad (días lluviosos); no se dejará abierto por tiempo prolongado, sino el tiempo estrictamente necesario, para lo cual se considera suficientes dos horas como máximo.
- vi. Para prevenir la entrada de humedad al abrir el transformador, se debe realizar un llenado que cubra las bobinas con aceite aislante desgasificado y deshidratado a una temperatura de 30 °C., calentando núcleo y bobinas para reducir la posibilidad de condensación de humedad. Para mayor seguridad de este llenado preliminar, puede hacerse utilizando el método de alto vacío.

- vii.** Se debe evitar que objetos extraños caigan o queden dentro del transformador, las herramientas que se usen deberán ser amarradas al tanque con cintas de algodón mientras se estén montando o checando las conexiones.
- viii.** Las actividades más relevantes que se realizarán en la revisión interna serán las siguientes:
 - 01 Verificación minuciosa sobre la sujeción del núcleo y bobinas, así como posible desplazamiento.
 - 02 Checar el número de conexiones a tierra del núcleo; revisando su conexión y probando su resistencia a tierra.
 - 03 Inspección visual de terminales, barreras entre fases, estructuras y soportes aislantes, conexiones y conectores.
 - 04 Revisar los cambiadores de derivaciones, verificando contactos y presión de los mismos en cada posición.
 - 05 Checar los transformadores de corriente y terminales de boquillas, verificando sus partes y conexiones.
 - 06 Revisar que no haya vestigios de humedad, polvo, partículas metálicas o cualquier material extraño y ajeno al transformador.
- ix.** Cualquier daño detectado durante la revisión interna, será reportado al "SUPERVISOR" quien ordenará lo procedente.
- x.** Las partes que vienen separadas del transformador deben estar selladas con tapas provisionales las que se irán quitando paulatinamente durante el proceso de armado.

El montaje se realizará con base en las instrucciones de cada fabricante, tomando en cuenta las precauciones indicadas en estas especificaciones sobre el contenido de oxígeno y llenado preliminar. Si los trabajos internos se prolongan más de un día, el transformador debe sellarse y presurizarse al terminar la jornada.

- xi.** El manejo e instalación de boquillas se debe hacer siempre en posición vertical y deben estar limpias y secas; se deben tomar precauciones especiales durante su montaje para evitar roturas o daños de la porcelana; asimismo, se someterán a pruebas de aislamiento antes de montarse.
- xii.** Antes de instalar los radiadores, deben lavarse perfectamente con aceite limpio y caliente (25-35 °C.), lo mismo se hará con el tanque conservador, tuberías y válvulas de aceite, debiendo aplicar exteriormente una mano de pintura para acabado altos sólidos, color verde listón claro
- xiii.** Los empaques de corcho–neopreno que se usan para el montaje de los accesorios deben estar limpios, así como las superficies y alojamiento; su montaje se hará con precaución, comprimiéndolos uniformemente para garantizar un sello perfecto.
- xiv.** Todas las conexiones eléctricas deben limpiarse cuidadosamente antes de soldarse o unirse a conectores mecánicos; se deben confirmar las operaciones de nivel, flujo y temperatura antes de sellar el tanque.

- xv.** Una vez terminado el armado del transformador y sellado perfectamente, se debe probar su hermeticidad, presurizándolo con aire o nitrógeno seco a una presión de 0.7 kg/cm^2 , verificando que no existan fugas; se debe explorar con aplicación de jabonadura en todas las uniones con soldadura, juntas y empaques; si existen fugas, se deben corregir antes de proceder a su secado o llenado definitivo.
- xvi.** Antes del llenado definitivo con su aceite aislante, el transformador se someterá a un tratamiento preliminar con alto vacío para eliminar la humedad que pudiera haber absorbido durante las maniobras de revisión interna y armado; para efectuar el alto vacío deben aislarse y sellarse el tanque conservador, radiadores, tuberías y accesorios.
- xvii.** El alto vacío debe alcanzar una presión absoluta de 1 mm Hg ; en estas condiciones se mantendrá durante 12 horas, más 1 hora adicional por cada 8 horas que el transformador haya permanecido abierto y expuesto durante su inspección y armado.
- xviii.** La terminación del alto vacío se romperá introduciendo aire o nitrógeno ultraseco hasta lograr una presión de 5 lb/plg^2 dentro del transformador, manteniéndolo en estas condiciones durante 24 horas para alcanzar un equilibrio entre el gas y los aislantes. A continuación se efectuarán mediciones de punto de rocío del gas, determinando la humedad residual de los aislantes, utilizando para ello los procedimientos adecuados.

xix. Con el fin de eliminar en los aislamientos la humedad y los gases, el transformador se debe someter a un tratamiento de secado el cual permita restaurar sus características óptimas de rigidez dieléctrica y vida térmica en sus aislamientos; para tal fin, se podrán aplicar cualquiera de los siguientes procedimientos de secado, dependiendo del tipo de transformador, del tamaño, del contenido de humedad y de los medios que se dispongan para efectuar el secado.

xx. Tipos de Secado:

- 01 Secado con alto vacío y calor continuo.
- 02 Secado con alto vacío y calor cíclicos.
- 03 Secado con alto vacío y continuo.
- 04 Secado con aire caliente.
- 05 Secado con aceite caliente.

El contratista suministrará el equipo y accesorios así como cualquier elemento necesario requerido en cualquier tipo de secado que se aplique. Una vez seco el transformador y terminado su armado, se procederá al llenado con aceite aislante para cubrir núcleo y devanados.

El aceite que se use para el llenado definitivo del transformador, debe ser un aceite deshidratado y desgasificado, con un contenido de agua de 10 p.p.m. (un contenido de 0.25 %) para transformadores de 230 kV y 400 kV; el resto de las pruebas del agente, tanto químicas como eléctricas estarán dentro de los límites de especificaciones de un aceite nuevo, ver tabla V.

Para el llenado de aceite el transformador tiene que ser previamente evacuado hasta lograr el máximo vacío posible dentro del mismo y mantener este vacío del orden de 1 a 2 mm Hg., durante todo el proceso de llenado.

Para prevenir descargas electroestáticas debidas a la circulación del aceite aislante, todas las terminales externas del transformador, su tanque, tuberías y equipo de tratamiento, se conectarán sólidamente a tierra durante el llenado.

Tabla V Especificaciones de aceite aislante nuevo no inhibido

1.	Apariencia Visual	Brillante Sin Sólidos En Suspensión Y Transparente
2.	Densidad Relativa 20/4 °C	0.84 a 0.88
3.	Viscosidad Cinemática A 40 °C	Max 10.4 X 10 ⁻⁶ M ² /S
4.	Tensión Interfacial A 25 ∇ 1 °C	Min 0.04 N/M
5.	Temperatura De Inflamación A 101.3 Kpa	Min 145 °C
6.	Color	Máximo 1
7.	Temperatura De Escurrimiento	Máx -26 °C
8.	Numero De Neutralización	Máx 0.03 Mg Koh/G Aceite
9.	Cloruros Y Sulfatos	Negativo
10.	Azufre Corrosivo	No Corrosivo
11.	Azufre Total	Máx 0.10% En Masa
12.	Carbonos Aromáticos	8-12% En Masa
13.	Contenido De Inhibidor	Negativo
14.	Contenido Bifenilos Policlorados (Askarel)	No Detectable
15.	Estabilidad A La Oxidación (Para 72 Horas): Lodos Número De Neutralización	MAX 0.15% EN MASA MAX 0.5 Mg KOH/G ACEITE
16.	Estabilidad A La Oxidación (Para 164 Horas): Lodos Número De Neutralización	MAX 0.3% EN MASA MAX 0.6 Mg KOH/G ACEITE
17.	Tensión De Ruptura Dieléctrica. Electrodos Planos (2.54 Mm): Electrodos Semiesféricos (1.02 Mm):	MIN 30 Kv MIN 20 Kv
18.	Factor De Potencia A 60 Hz A 25 °C: A 100 °C	MAX 0.05% MAX 0.3%

Fuente: Elaboración propia

El aceite debe ser calentado a 20 °C y preferentemente a temperatura mayor a la del ambiente, y se introducirá en el tanque a una altura sobre el núcleo y bobinas por un punto opuesto a la toma de succión de la bomba de vacío, de tal manera que el chorro del aceite no pegue directamente sobre aislamientos de papel. La admisión debe ser controlada por medio de válvulas para controlar su flujo y conservar una presión positiva; la velocidad de llenado debe ser controlada para evitar burbujas atrapadas en los aislamientos, permitiéndose una velocidad de 100 litros por minuto o aumento de presión de 10 mm Hg, dentro del tanque.

En una sola operación del llenado se debe alcanzar a cubrir el núcleo y devanado; si por alguna razón se interrumpe el proceso, se deberá vaciar el transformador y reiniciar el llenado. Para transformadores con sistemas de previsión de aceite con nitrógeno, el llenado se continuará hasta el nivel indicado como norma y para sistema de tanque conservador tan arriba como sea posible.

Una vez terminado el llenado del transformador sobre el espacio libre, se mantendrán las condiciones de vacío durante 3 ó 4 horas más antes de romper el vacío con aire o nitrógeno seco, hasta tener una presión de 5 lb/pulg², con objeto de expulsar al exterior, a través de la bomba de vacío, las burbujas de agua o gas provocadas por el propio vacío obtenido durante el llenado.

Finalmente el aceite se debe recircular a través de la planta de tratamiento durante 8 horas continuas, o un equivalente a dos veces el volumen total del aceite del transformador, con objeto de eliminar la humedad residual y gases sueltos; durante este proceso se deben mantener operando las bombas de aceite; al terminar esta operación.

xxi. Pruebas

Las pruebas y verificaciones deben ser ejecutadas por el Contratista, y son las siguientes:

- 01 Prueba de resistencia de aislamiento de cada uno de los devanados a tierra y entre devanados.
- 02 Prueba de factor de Potencia de cada devanado a tierra y entre devanados.
- 03 Prueba de factor de Potencia a todas las boquillas equipadas con TAP de pruebas o TAP capacitivo.
- 04 Prueba de relación de transformación en todas las derivaciones.
- 05 Medición de resistencia óhmica en todos los devanados, utilizando un puente doble de KELVIN.
- 06 Pruebas de rigidez dieléctrica, factor de Potencia, resistividad, tensión interfaseal y acidez del aceite aislante.
- 07 Pruebas de contenido de agua y contenido total de gases de aceite aislante.
- 08 Verificación de operación de los dispositivos, indicadores y de control de temperatura del aceite y punto caliente.
- 09 Verificación de operación de los equipos auxiliares, como son bombas de aceite, ventiladores e indicadores de flujo.
- 10 Verificación de alarmas y dispositivos por protecciones propias del transformador, así como los esquemas de protección diferencial y de respaldo.

Antes de montar los radiadores y accesorios a la superficie exterior del tanque, se aplicará una mano de pintura para el acabado altos sólidos.

d) Tolerancias

Para las tolerancias en montaje se deben aplicar las indicadas en los instructivos del fabricante; por lo que respecta a las tolerancias en tratamiento de aceite, se deben ajustar a lo indicado en estas especificaciones.

No se admitirán pérdidas en herrajes, accesorios y conectores; si existen daños no imputables al Constructor se comprobarán con las piezas dañadas y las actas respectivas.

e) Medición

Para fines de estimación y pago, la unidad de medida será el banco, entendiéndose por tal al juego de transformadores o reactores monofásicos o transformadores o reactores trifásicos totalmente armados y conectados.

f) Cargos incluidos en el precio unitario integral

Comprenden los siguientes cargos y operaciones:

- i. Traslado a la obra del equipo y accesorios.
- ii. Maniobras y montaje de los equipos e instalación de accesorios y materiales de acuerdo a los planos e instructivos.
- iii. Revisión interna y externa de los Transformadores.
- iv. Tratamiento del transformador para secado.
- v. Tratamiento de aceite aislante.
- vi. Fijación de los gabinetes centralizadores de control y de cambiador de derivaciones.

- vii. Conexión del transformador a los buses, al gabinete local y al sistema de tierras.
- viii. Aplicación de pintura anticorrosiva y de acabado, incluyendo gabinetes centrales y partes vivas.
- ix. Auxiliar con personal y herramientas en las pruebas del transformador.
- x. Retiro y limpieza del material sobrante a los bancos de desperdicio.

5.7.4 Montaje de interruptores de potencia

Aquí detallaremos como deberán montar los interruptores de potencia.

a) Descripción

Esta especificación de montaje se aplicará a interruptores de potencia para servicio intemperie, autocontenidos, trifásicos para tensiones nominales de sistemas desde 13.8 kV hasta 400 kV, para una frecuencia nominal de 60 Hz, con medio de extinción en gas, aceite o vacío.

Se entenderá por interruptor trifásico al conjunto de tres unidades de interrupción que podrán estar integrados en una sola estructura, o bien estar constituido por tres Interruptores monofásicos que operarán en un sistema trifásico.

b) Disposiciones

En la presentación del presupuesto se analizarán por separado las siguientes actividades, por juego de interruptor trifásico, por voltaje y se integrarán a un solo precio unitario por juego de interruptor trifásico.

- i. Maniobras y traslado al sitio de montaje.
- ii. Montaje y nivelación de bancadas y bases.
- iii. Montaje de aisladores y accesorios.
- iv. Tratamiento y llenado de aceite o introducción de gas con la utilización de la maquinaria y accesorios especializados para tal efecto.
- v. Colocación e interconexión entre gabinetes del interruptor.
- vi. Aplicación de pintura anticorrosiva y de acabado en tanques, bases y gabinetes locales.

c) Ejecución

- i. El Contratista al recibir los interruptores los revisará minuciosamente para verificar que no haya señas de daños externos.
- ii. Los Interruptores se deben recibir de fábrica empacados de tal forma que facilite su transporte y su identificación, para hacer el montaje en obra con rapidez.
- iii. Normalmente los interruptores se empacan con las siguientes partes:
 - 01** Bases o bancadas, armario de mando, tanques o cámaras, interruptores de arco eléctrico, boquillas o columnas de aisladores y accesorios.

- 02** Las cajas en que vienen empacados los interruptores se abrirán ordenadamente en función al proceso de montaje.
- iv.** Para el montaje de las piezas es imprescindible contar con un aparato de elevación adecuado a los pesos y características de las piezas por montar, operación que se debe apegar a las indicaciones del fabricante.
 - v.** Se tendrá cuidado en el manejo y transporte de las columnas de aisladores, en tal forma que la porcelana y los accesorios no se dañen.
 - vi.** En el caso de los gabinetes de control, si el montaje se prolonga por mucho tiempo y las condiciones climáticas sean desfavorables, se deben almacenar adecuadamente, conectando la calefacción del armario de mando.
 - vii.** El montaje se debe ajustar a lo indicado en los planos e instructivos y el personal encargado de ejecutar los ensambles debe ser especializado.
 - viii.** Los empaques de corcho neopreno y en general todos los sellos que se utilicen en el montaje de los accesorios, deben estar limpios, así como las superficies en donde se asienten; su colocación se hará con mucha precaución comprimiéndolos uniformemente para garantizar su hermeticidad.
 - ix.** Las conexiones eléctricas deben limpiarse perfectamente antes de soldarse o unirse a los conectores.
 - x.** Las pruebas y verificaciones del funcionamiento en los planos e instructivos de montaje, deben ser ejecutados por el Contratista y verificados por el "SUPERVISOR" de INDE.

d) Tolerancias

Las tolerancias en el montaje se aplicarán conforme a lo indicado en los planos e instructivos de montaje. No se admiten pérdidas o daños de ninguna pieza.

e) Medición

La unidad de medida será el "JUEGO" entendiéndose por tal, a las piezas que formen el interruptor trifásico.

Se considera como unidad terminada el montaje del interruptor e interconexión entre gabinetes locales.

f) Cargos incluidos en el precio unitario integral

Comprenderán los cargos y operaciones siguientes:

- i.** Maniobras de transportes y almacenajes, necesarios para llevar el equipo del almacén en fábrica o de donde le sea entregado al sitio definitivo de su instalación.
- ii.** Montaje y nivelación de bancadas, bases, aisladores, equipos e instalación de accesorios y material de acuerdo a los planos e instructivos.
- iii.** Tratamiento y llenado de aceite e introducción de gas efectuando el vacío y secado del interruptor, mediante la utilización de maquinaria y accesorios especiales.
- iv.** Colocación e interconexiones entre los gabinetes locales.

- v. Suministro de bandejas necesarias para alojar las mangueras de interconexión.
- vi. Suministro y aplicación de pintura anticorrosiva y de acabado en tanques, buses y gabinetes de control y partes vivas.
- vii. Auxiliar con personal y herramientas en las pruebas de los Interruptores.
- viii. Retiro y limpieza del material sobrante a los bancos de desperdicio.
- ix. Las pruebas necesarias para verificación del correcto montaje del equipo (operación, cierre y apertura manual).

5.7.5 Montaje de cuchillas seccionadoras de potencia

Aquí detallaremos como se deberá realizar el montaje de cuchillas seccionadoras de potencia.

a) Descripción

Estas especificaciones se aplicarán a cuchillas de apertura vertical u horizontal para servicio intemperie, autosoportadas, trifásicas, con y sin puesta a tierra, para tensiones nominales de sistemas desde 13.8 kV hasta 400 kV, para frecuencia nominal de 60 Hz.

Se entenderá por cuchillas trifásicas al conjunto de tres unidades monopares (con o sin puesta a tierra) que operarán simultáneamente en un sistema trifásico.

b) Disposiciones

Se analizarán por separado las siguientes actividades: por juego de cuchillas trifásicas, por voltaje, y se integrarán a un solo precio unitario por juego de cuchillas.

- i.** Almacenaje y control de piezas.
- ii.** Maniobras y traslado al sitio de montaje.
- iii.** Adaptaciones necesarias para fijar los equipos a la estructura o base (barrenos, soldadura y cortes).
- iv.** Montaje y nivelación de bancadas o bases.
- v.** Montaje de aisladores y accesorios.
- vi.** Calibración y ajuste de navajas.
- vii.** Colocación de los gabinetes locales.
- viii.** Aplicación de pintura anticorrosiva y de acabado en bases y gabinete local.
- ix.** Ajustes para la operación de las Cuchillas según manual.

c) Ejecución

Las cuchillas deben llegar empacadas de fábrica en tal forma que se facilite su identificación, transporte y montaje; el Constructor al recibirlas revisará minuciosamente su contenido y verificará que no tengan daños externos.

Para el montaje de las piezas se debe disponer de equipo adecuado a los pesos y características de las piezas por montar; se apegarán estrictamente a los planos e instructivos.

Se debe tener especial cuidado en el manejo y transporte de las columnas de aisladores, de tal forma que la porcelana y los accionamientos no se dañen.

Cuando el montaje se prolongue y las condiciones climatológicas sean desfavorables, los gabinetes de control se deben almacenar adecuadamente, protegiéndolos contra la humedad o contra cualquier otra causa que provoque su deterioro.

El personal del montaje debe estar especializado en este tipo de trabajo. Las conexiones eléctricas se limpiarán antes de soldarse o unirse a los conectores.

Las pruebas y verificaciones del funcionamiento indicado en los planos e instructivos deben ser ejecutados por el Contratista.

d) Tolerancias

Las tolerancias en el montaje son las indicadas en los planos e instructivos de montaje. No se admiten pérdidas o daños de ninguna pieza.

e) Medición

La unidad de medida es el juego entendiéndose por tal al conjunto de las piezas que formen a la cuchilla trifásica, incluyendo sus accesorios.

Se considera como unidad terminada al montaje total de cuchilla (con o sin puesta a tierra), gabinetes y accesorios según planos e instructivos de proyecto.

f) Cargos incluidos en el precio unitario integral

Comprende los cargos y operaciones siguientes:

- i.** Almacenaje y control de piezas.
- ii.** Maniobras y transporte necesarios para llevar el equipo al sitio definitivo de su instalación.
- iii.** Adaptaciones necesarias en la estructura metálica o base para fijar los equipos (barrenos, soldadura y cortes).
- iv.** Montaje de equipos y aisladores, así como instalación de accesorios y materiales de acuerdo a los planos e instructivos.
- v.** Colocación de los gabinetes locales.
- vi.** Suministro y aplicación de pintura anticorrosiva y de acabado en bases, gabinetes y partes vivas.
- vii.** Auxiliar con personal y herramientas en las pruebas de las cuchillas.
- viii.** Retiro y limpieza del material sobrante a los bancos de desperdicio.
- ix.** Calibración y ajustes necesarios para la operación de las cuchillas según manual.

5.7.6 Montaje de equipo menor

Aquí detallaremos como deberá realizarse el montaje del equipo menor.

a) Descripción

Dentro de este concepto se considera la colocación y conexión de los pararrayos, aisladores soporte tipo columna, transformadores de corriente, trampas de onda, dispositivos de potencial y transformadores de potencial; monofásicos tipo pedestal para servicios intemperie y tensiones nominales desde 13.8 kV hasta 400 kV, para frecuencia nominal de 60 Hz.

b) Disposiciones

En el caso de que no se instalen de inmediato, el Contratista los mantendrá en su empaque original y los debe proteger para evitar daños a la porcelana.

En la presentación del presupuesto debe analizarse un precio unitario promedio por pieza en cada tipo de voltaje, para aplicarse a todo el equipo menor de esta área debiendo considerar el Contratista el suministro del gabinete centralizador de interconexión de transformadores de potencial y transformadores de corriente, cuya especificación deberá solicitar a INDE.

c) Ejecución

El Contratista al recibir el equipo lo debe revisar inmediatamente, para verificar que no presente daños externos.

Para el montaje de las piezas se requiere contar con equipo adecuado, tomando en cuenta el peso y las características de las piezas por montar.

Al conectar el equipo con los buses y demás equipos, se debe vigilar que los conectores estén limpios y se aprieten uniformemente para garantizar un buen contacto.

Las pruebas y verificaciones primarias indicadas en los planos e instructivos deben ser ejecutadas por el Contratista.

d) Tolerancias

Las tolerancias en el montaje deben ser las indicadas en los planos e instructivos de montaje. No se admiten pérdidas y daños de ninguna pieza.

e) Medición

La unidad de medida será la pieza montada y conectada a los buses, gabinete local y al sistema de tierras.

f) Cargos incluidos en el precio unitario integral

Comprende los cargos y operaciones siguientes:

- i.** Almacenaje y control de piezas.
- ii.** Maniobras y transporte de los equipos para llevarlos al sitio de instalación.
- iii.** Montaje y conexión de los equipos a sus gabinetes locales.
- iv.** Suministro de Gabinetes centralizadores de interconexión de transformadores de potencial y transformadores de corriente.
- v.** Pintura de partes vivas.
- vi.** Auxiliar con personal y herramientas en las pruebas.

- vii. Retiro y limpieza del material sobrante a los bancos de desperdicio.

5.7.7 Montaje de tableros de control, protección y medición

Aquí detallaremos como se deberá realizar el montaje de los tableros de control, protección y medición.

a) Descripción

Se entiende por "Tablero de Control", al gabinete que contiene todos los aparatos que registran, miden y controlan las funciones eléctricas de todos los equipos instalados en la subestación.

b) Ejecución

El tablero debe llegar ensamblado y alambrado de fábrica; el contratista lo montará y nivelará en el sitio indicado, fijándolo a las anclas de acuerdo a los planos de proyecto.

c) Tolerancias

No se admite ninguna desviación adversa para la calidad de los trabajos en este concepto, ni se aceptan daños o pérdidas de los instrumentos propios del tablero.

d) Medición

La unidad de medida para fines de estimación y pago es "LA SECCIÓN", ya sea para medición y control (mímicos) como para protección, comunicación o secciones para control remoto de la Subestación.

e) Cargos incluidos en el precio unitario integral

Comprende los cargos y operaciones siguientes:

- i. Almacenaje y control de piezas incluyendo su transporte.
- ii. Retiro y limpieza del material sobrante a los bancos de desperdicio.
- iii. Maniobras y movimientos necesarios para su colocación, nivelación y fijación en el sitio definitivo, así como las uniones de secciones.
- iv. Pintura de acabado si se trata de aplicación o retoques.

5.7.8 Montaje de tableros de servicios propios

Aquí detallaremos como deberán realizar el montaje de tableros de servicios propios.

a) Descripción

Se entenderá por "Tablero De Servicios Propios", a los centros de carga para corriente alterna y corriente directa, que se montarán en la caseta de control.

Estos centros de carga controlarán y distribuirán los circuitos que requiera a la subestación, para el alumbrado y servicio de emergencia eléctrica en general, en sistemas de 240/120 VCA, 125 VCD.

b) Ejecución

El contratista los debe montar en el sitio indicado, fijando los anclajes; asimismo efectuará las interconexiones entre el tablero de corriente directa, tablero corriente alterna y tablero de control. Debe identificar y conectar los circuitos de los tableros de corriente directa y alterna de acuerdo a las indicaciones en los planos de proyecto.

c) Tolerancias

No se admite ninguna desviación adversa para obtener la calidad de los trabajos descritos en este concepto, no se aceptan pérdidas o daños de material o equipo.

d) Medición

La unidad de medida es la "SECCIÓN", entendiéndose por tal, al conjunto de aparatos e instrumentos que controlan la alimentación de corriente alterna o corriente directa a los equipos de la subestación.

e) Cargos incluidos en el precio unitario integral

Comprende los cargos y operaciones siguientes:

- i. Almacenaje y control de piezas incluyendo su transportación al sitio de la obra.
- ii. Maniobras y movimientos para su colocación en el sitio definitivo.
- iii. Auxiliar con personal y herramientas en las pruebas.
- iv. Pintura de acabado en ampliación o secciones nuevas.
- v. Retiro y limpieza del material sobrante.

5.7.9 Montaje de bancos y cargadores de baterías

En este apartado se detallara como se deberá realizar el montaje de bancos y cargadores de baterías.

a) Descripción

En las subestaciones de potencia se requieren fuentes de corriente directa para satisfacer las necesidades de protección, medición y alumbrado de emergencia.

De acuerdo con la capacidad y características de la Subestación se diseñan los bancos de baterías, que pueden ser del tipo plomo-ácido o alcalino, y según las capacidades de los bancos de baterías, se determinan los cargadores para mantener un voltaje adecuado.

b) Ejecución

- i. El contratista debe armar y colocar en su sitio los elementos que formen la estructura para soportar el banco, de acuerdo con la disposición mostrada en los planos.

Una vez terminado el montaje de la estructura que soportará al banco de baterías, se sujetará con sus pernos de anclaje y se aplicarán 3 manos de pintura anticorrosiva.

- ii. Posteriormente, se colocan las baterías sobre la estructura y se conectan sus terminales como lo indiquen los planos.
- iii. El equipo cargador de baterías se montará en los soportes, fijándolo con sus pernos de anclaje.
- iv. Una vez terminado el montaje del banco y del equipo cargador de baterías, se alambrarán entre sí.
- v. Pruebas

A continuación se describen los pasos principales a seguir para efectuar las pruebas que INDE ejecutará a los bancos de baterías plomo-ácido, para su puesta en servicio una vez terminado el montaje y conectado del banco al cargador de baterías:

- 01 Llenar las pilas con el electrolito hasta el nivel indicado.
- 02 Revisar todas las conexiones, asegurándose que los agujeros de ventilación para el escape de gas y los tapones de las celdas no se encuentren obstruidos.
- 03 Se aplicará al banco una carga de igualación y se tomarán lecturas de voltaje durante la carga.
- 04 Se inicia la carga de igualación siguiendo las instrucciones del fabricante, si la corriente suministrada por el cargador es mayor de su capacidad o mayor a la del régimen de carga a 8 horas, se baja el voltaje de la igualación para controlar la corriente aumentando el voltaje de acuerdo a como disminuya la corriente.

- 05 Después de las primeras tres horas de igualación, se debe asegurar que las celdas gasifiquen libremente y en igual proporción; si alguna de ellas gasifica, significa que puede tener un corto circuito interno; en este tiempo, se checan y registran las densidades a 25 °C.
- 06 Cuando dos lecturas de densidad y voltaje sucesivas no cambien, se continuará la carga por 8 horas más, para que el banco tome su carga de refresco.
- 07 Como valores por celda se consideran los siguientes: Voltaje de igualación 2.33 V y densidad 1200-1220 puntos. Se entiende que estos valores de voltaje por celda son leídos en los extremos del banco; la temperatura de las celdas será entre 15 °C y 26 °C y no tener una diferencia mayor de 2 °C entre celda.
- 08 Poco antes de terminar la carga de igualación se registran los voltajes de cada una de las celdas del banco, así como el voltaje en terminales, la suma de voltajes por celda no debe ser diferente al voltaje en terminales por más de 0.05 Volts en banco de 60 celdas.
- 09 A continuación se pone el banco en carga de flotación y 20 minutos después, se toman lecturas de densidad corregidas por temperatura en cada una de las celdas y se registra en el control correspondiente.
- 10 La corriente de carga para el banco en flotación debe ser entre 50 a 100 miliamperes por cada 100 Amperes-hora de capacidad del banco.
- 11 Precauciones que se deben tomar durante la carga de igualación:

- Durante la carga igualadora, las celdas no pueden absorber toda la energía que se les proporciona, de tal forma que esta energía sobrante disocia el agua en sus componentes hidrógeno y oxígeno. Con carga completa, la cantidad de hidrógeno liberado es aproximadamente de 28 decímetros cúbicos por celda, por cada 63 Ampere–horas de carga.
- Dado que un contenido de 4% de hidrógeno en el aire es explosivo, no se permite en el cuarto de baterías llamas abiertas de cualquier clase, además se deben tomar precauciones de tener la ventilación adecuada para impedir la acumulación de hidrógeno.
- En caso de baterías plomo–ácido se llenarán con el electrolito en el momento de que se ejecuten las pruebas de "Puesta en Servicio".
- Los registros de lecturas de densidad deben siempre corregirse a 150 °C; restar un punto de densidad por cada 1.50 °C abajo de 25 °C.
- Las lecturas de los voltajes por celda al final de la carga de igualación, deben hacerse con un voltímetro de precisión y registrar hasta la centésima de Volt.
- Las lecturas de voltaje al final de la carga de igualación, deben compararse con las de referencia; la diferencia entre la celda de voltaje mayor y menor debe ser igual a la referencia.

- Una semana después de haberse hecho la carga de igualación completa, se ejecutan las pruebas de capacidad. Para efectuar esta prueba se requiere de resistencias variables adecuadas, para descargar las celdas al régimen de corriente y voltaje del banco, y así verificar realmente su capacidad en Ampere–horas; por lo que se aplicará una prueba de capacidad total que consiste en: Aplicar una descarga a régimen de 3 horas hasta su mínima tensión permitida de 1.75 Volts por celda. La corriente de descarga se fija al valor de la gráfica del fabricante a un régimen de 3 horas.

12 Descripción de la Prueba:

- Instalar un dispositivo de resistencia variable con un voltímetro y un amperímetro, en previsión de que la carga debe ser variada para mantener una corriente constante igual a la de régimen de descarga seleccionada; en caso de que la corriente no pueda ser ajustada a un valor constante, regístrese los valores de corriente cada 10 minutos y gráfíquese para determinar el valor medio de corriente; si este valor es diferente al seleccionado, debe considerarse para corregir la capacidad calculada. Conviene que la desviación no sea más de 10 %.
- Desconectar el cargador de baterías.
- Conecte la carga al banco de baterías, empiece a contar el tiempo y mantenga la corriente al valor correcto.

- Mantenga la carga del banco de baterías hasta obtener un valor de voltaje en terminales de 1.75, por el número de celdas (anotar el tiempo transcurrido "TA").
- Registre los voltajes individuales de cada celda en sus postes y el voltaje total en terminales del banco. Estas lecturas se tomarán al principio de la prueba entre intervalos durante la prueba y al final de la misma.
- Si alguna celda llegara a invertir su polaridad, pero el voltaje en terminales no se llega a alcanzar todavía al límite de voltaje inferior del banco, se pondrá en corto circuito la celda invertida y se continuará la prueba. El nuevo voltaje mínimo en terminales se determinará por el número de celdas que queden trabajando multiplicado por 1.5.
- Finalmente se determina la capacidad del banco de baterías de acuerdo a lo siguiente:

$$\frac{TA}{Ts \times K} = \% \text{ de capacidad a } 25^{\circ}C$$

donde:

TA: tiempo real de duración de la prueba.

Ts: tiempo de régimen de descarga.

K: factor de corrección de capacidad por temperatura (ver gráfica No. 1).

- La capacidad del banco deberá estar arriba del 80 % para considerarse confiable.

Si el banco resulta satisfactorio se llevará a sus condiciones iniciales, aplicándole el procedimiento de carga de igualación y se dejará en flotación de servicio.

c) Tolerancia

Las tolerancias en el montaje se deben ajustar a las indicadas en los instructivos del fabricante; por lo que respecta a las tolerancias en densidades y voltaje, se ajustarán a lo indicado en estas especificaciones.

d) Medición

La unidad de medida es el "BANCO", entendiéndose por tal al conjunto de celdas que al conectarse entre sí, de acuerdo a lo indicado en los planos de proyecto, se obtenga el voltaje y capacidad indicada.

e) Cargos incluidos en el precio unitario integral

Comprenden los cargos y operaciones siguientes:

- i. Maniobras y transporte necesarios para llevar el equipo al sitio definitivo de su instalación.
- ii. Montaje de los equipos e instalación de accesorios y materiales, de acuerdo a los planos e instructivos.
- iii. Llenado de celdas.
- iv. Colocación y conexión de los cargadores de baterías.

- v. Auxiliar con personal y herramientas en las pruebas del banco de baterías.
- vi. Retiro y limpieza del material sobrante.

5.7.10 Tendido y conectado de cables de control

En el siguiente inciso se detalla los requisitos que deberá tener el tendido y conectado de cables de control.

a) Descripción

Se entiende por "Cable De Control", a los conductores que unen los gabinetes de los equipos que se montarán en la parte exterior de la Subestación, con los instrumentos y aparatos que se localicen en los tableros de control, ubicados en las "Casetas De Control".

Los conductores vienen integrados en cables y se componen de 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10 y 12 conductores por cable, están aislados con polietileno y a su vez el cable está protegido exteriormente con neopreno para un aislamiento de 600 Volts.

b) Ejecución

El Contratista colocará los cables sobre los soportes localizados en las canaletas, siguiendo la trayectoria indicada en los planos de proyecto. Durante el tendido se formarán capas de cables uniéndolos a los soportes de las canaletas con cáñamo para evitar su caída.

Una vez tendido al cable, el constructor lo debe conectar en gabinetes de tablas de interconexión a las tablillas de los Tableros de control y/o Servicios Propios y gabinetes de control de los equipos de acuerdo a las listas de cables.

El contratista debe tener el cuidado de no dañar el neopreno de los cables durante su tendido.

Todos los cables después de tendidos se identificarán con los listones o placas colocadas en los extremos de cada cable, de acuerdo a la lista de cableado.

Los cables deben ser de una sola pieza y en el caso de que se requieran empalmar, se solicitará la autorización del "SUPERVISOR".

El contratista debe prestar la asistencia necesaria para efectuar las pruebas en las instalaciones hasta su puesta en servicio.

c) Tolerancias

No se admiten tolerancias en cuanto a conexiones se refiere, lo cual indica que se deben apegar a lo indicado en los planos y listas de cables o instructivos.

d) Medición

La unidad de medida es el metro lineal de cable tendido y fijado, enclomado y conectado a los gabinetes, tableros de control y tableros de servicios propios, de acuerdo con la lista de cableado.

e) Cargos incluidos en el precio unitario integral

Comprenderán los cargos y operaciones siguientes:

- i.** Almacenaje y control.
- ii.** Maniobras y transporte necesario para llevar los carretes de cables de control, desde el almacén al sitio de su instalación.
- iii.** Tendido y flejado sobre los soportes por capas y en bandejas.
- iv.** Suministro y colocación de zapatas y listones de identificación de los cables de control.
- v.** Conexión a Tableros y gabinetes de equipos.
- vi.** Suministro y conexión de gabinetes de tablillas de interconexión.
- vii.** Suministro y colocación de tubo Conduit y/o P.V.C. y/o charola para unir los gabinetes de control de los equipos con los registros y/o canaletas de acuerdo a los planos de proyecto e instructivos de montaje.
- viii.** Encofrado de tubería conduit y/o PVC con concreto $f'c = 98 \text{ MPa}$ (100 kg/cm^2), con recubrimientos libres de 5 cm. hasta el nivel de piso terminado.
- ix.** Suministro de material de instalación (cinta aislante, cáñamo y soldadura).
- x.** Devolución de cable de control sobrante al almacén.
- xi.** Auxiliar con personal y herramientas en las pruebas de instrumentos.

5.7.11 Instalación de fuerza y alumbrado exterior

En el siguiente inciso se detalla los requisitos que deberán tener en cuenta para la instalación de fuerza y alumbrado exterior de la subestación.

a) Descripción

Las subestaciones de potencia son de tipo intemperie por lo que se requieren instalaciones para alumbrado exterior.

En este concepto se ejecutarán todos los trabajos necesarios par instalar los equipos y materiales que requieran estos servicios, ajustándose a los planos de proyecto correspondiente.

b) Disposiciones

Queda dentro del suministro del contratista las unidades de iluminación, el cable de fuerza para el tablero de alumbrado y/o de Servicios Propios, así como el cable para el alumbrado. También proporcionará los postes, pedestales, tubos conduit, condulets, interruptores de seguridad, contactos, tableros de alumbrado y accesorios necesarios para la instalación del alumbrado exterior y su adecuado funcionamiento, incluyendo el dirigido hacia el exterior de las instalaciones.

El nivel de almacén será: Nivel "C" para luminarias y cables, y Nivel "D" para los postes.

c) Ejecución

Las instalaciones serán visibles, tipo industrial a prueba de intemperie; los ductos para los conductores deben ser de tubería Conduit galvanizado con diámetro mínimo de 19 mm con protección en todas las uniones de rosca; la tubería se instalará sólidamente por medio de abrazaderas, siguiendo las trayectorias indicadas en los planos de proyecto.

Los conductores serán de los calibres y características indicadas en los planos y las uniones entre conductores serán soldadas.

Las unidades de iluminación se instalarán en la disposición y orientación indicadas en los planos. Los postes y pedestales se montarán previendo los agentes atmosféricos que puedan destruir o dañar las unidades de iluminación.

d) Tolerancias

Se respetarán las trayectorias, ubicaciones y tipo de accesorios indicados en los planos de proyecto.

e) Medición

La unidad de medida será la luminaria o SALIDA incluyendo en este precio todos los materiales y accesorios requeridos para la operación segura y confiable de las instalaciones referidas.

f) Cargos y operaciones incluidos en el precio unitario integral

- i. Incluyen el suministro, transporte, la recepción, almacenaje, manejo, montaje y pruebas de los materiales suministrados por el Contratista según planos de proyecto.
- ii. El suministro de tubería conduit, abrazaderas, condulets, contactos, conectores, glándula, tubo flexible, postes, pedestales, lámparas principales, interruptores de seguridad, tableros de alumbrado y accesorios necesarios para la instalación del alumbrado exterior.
- iii. La mano de obra para cableado, ductos, contactos y conexiones al tablero de servicios propios y al tablero de alumbrado.

- iv. Fabricación de registros y encofrado de tubo conduit a nivel de piso terminado.

5.7.12 Colocación del sistema de tierras.

En esta apartado se detallara como se deberá colocar el sistema de tierras para la subestación.

a) Descripción

El sistema de tierras consistirá en una cuadrícula de conductores de cobre enterrados y conectados entre sí y a varillas de tierra (varillas de cobre con alma de acero, así como a electrodos localizados en la periferia de la cuadrícula. En algunos puntos de la cuadrícula, las varillas de tierra irán alojadas en registros que permitan hacer lecturas al sistema de tierras.

Al ocurrir un disturbio atmosférico, un buen sistema de tierras reduce los voltajes peligrosos, limita las elevaciones de potencial a tierra, permite operar satisfactoriamente los relevadores, facilita la localización de fallas, ahorra costos de equipos y mantiene niveles adecuados de aislamiento.

b) Disposiciones

Cada subestación puede presentar características diferentes que determinarán sistemas de tierras particulares.

El contratista debe suministrar e instalar el cable de cobre, las varillas de tierra, los conectores, fundentes, moldes, soluciones y materiales (bentonita, carbón, etc.) para los electrodos de acuerdo a lo indicado en los planos de proyecto. Los materiales y mano de obra deben incluirse en el precio unitario.

c) Ejecución

Para el tendido del conductor se debe trazar la cuadrícula efectuando una excavación de 50 cm. de profundidad y el ancho que permita colocar el cable. Posteriormente, se debe iniciar el tendido de cable, instalación de conectores e hincado de varillas de tierra.

Las uniones de los conductores con las varillas deberán garantizar la firmeza en su contacto, como se indica en los planos de proyecto.

La fabricación de los registros y sus tapas se deben ajustar a lo indicado en los planos de proyecto.

El hincado de varillas se ejecutará a golpeo en terreno blando y por medio de perforación en terreno semiduro o duro; la varilla debe quedar firmemente enterrada para evitar falsos contactos.

La colocación de electrodos prefabricados para la formación de la red de tierras, se procederá de acuerdo al orden siguiente:

Se hincan las varillas en los sitios indicados.

Se excava una zanja circular a la varilla de 50 cm. de profundidad por 30 cm. de ancho.

La zanja se rellena con una solución de sulfato de magnesio, de cobre o sal de roca con un espesor de 20 cm. y el resto se cubrirá con material producto de excavación.

El relleno y compactado de las zanjas se debe ajustar a lo indicado en el punto 2.10 de estas especificaciones.

d) Tolerancias

Se sujetará a lo indicado en los planos de proyecto.

e) Medición

La unidad de medida será el "METRO LINEAL" con aproximación al centésimo.

Las longitudes serán las indicadas en los planos de proyecto.

Las derivaciones de la malla principal a los equipos forman parte del sistema de tierras e igualmente se pagarán por "METRO LINEAL", por lo cual al integrar el precio unitario para este proyecto, se debe considerar el cable de la malla principal y el de las derivaciones según proyecto.

f) Cargos incluidos en el precio unitario integral

Comprende los cargos y operaciones siguientes:

- i. Excavación para zanjas y registros.

- ii.** Material y mano de obra para el tendido y conectado de cables de acuerdo con los planos de proyecto.
- iii.** Material y mano de obra para el hincado de varillas y colocación de conectores.
- iv.** Material y mano de obra para la construcción de registros y tapas.
- v.** Colocación de solución en electrodos.
- vi.** Relleno y compactado de zanjas y registros.
- vii.** Conexión del sistema de tierras a los equipos y estructuras metálicas.
- viii.** Suministro de accesorios (abrazaderas de cobre) y ejecución de las adaptaciones (barrenos, cortes, pintura, etc.) para fijar los cables de tierras a las estructuras metálicas.

6. ESPECIFICACIÓN GENERAL PARA DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LÍNEAS DE TRANSMISIÓN

6.1 Disposiciones generales

Estas disposiciones nos servirán de referencia para el diseño, construcción o ampliación de líneas de transmisión dentro de la red de ETCEE-INDE.

6.1.1 Objetivo de las especificaciones

Estas Especificaciones tienen por objeto establecer las disposiciones, criterios y requerimientos mínimos para la construcción de las líneas de 69, 138, 230 y 400 kV de la Empresa de Transporte y Control de Energía Eléctrica de INDE (ETCEE-INDE). Lo anterior implica que el constructor es responsable de corregir y adaptar adecuadamente los defectos que se encuentren en la planificación y diseño que no estén de acuerdo con los conceptos indicados, garantizando la seguridad de las personas y bienes y la calidad del servicio.

6.1.2 Materiales y equipos

En la línea de transmisión de energía eléctrica, deberán utilizarse materiales y equipos que cumplan con las normas nacionales y/o internacionales vigentes correspondientes tales como las normas ASCE, AISC, ASTM, ANSI o IEC.

Estos materiales y equipos deberán resistir y soportar las condiciones mínimas operativas climáticas y ambientales, tales como salinidad, polución, vientos fuertes, etc., que garanticen la calidad del servicio.

6.1.3 Sistema de medida

Para los valores numéricos requeridos por estas Especificaciones debe utilizarse el Sistema Internacional de Unidades, S.I. En caso de emplearse otro sistema de medida, se deberán incluir ambos.

6.1.4 Servidumbres

Cuando un interesado requiera la constitución de servidumbres, deberá proceder de acuerdo a la Ley General de Electricidad y su Reglamento.

6.1.5 Impacto ambiental

Procédase de acuerdo a lo indicado en La Ley General de Electricidad y por Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales y su Reglamento.

6.1.6 Definiciones

Para la definición de términos y acrónimos utilizados en esta especificación referirse al **apéndice DEFINICIONES Y ACRONIMOS**.

6.2 Especificaciones de diseño líneas de transmisión

Estas especificaciones deberán de cumplir los requisitos mínimos que a continuación se detallaran:

6.2.1 Plano general del trazo

Este documento se utiliza para la ejecución de las actividades previas y para que el contratista ejecute el levantamiento topográfico, aplicando las especificaciones para Levantamientos topográficos de Líneas de Transmisión, incluyendo la identificación de la altura sobre el nivel del mar, coordenadas de los Puntos de Inflexión (PI), condiciones orográficas, hidrológicas, cruces con vías de comunicación, cruce con líneas de transmisión, núcleos de población y áreas naturales protegidas.

6.2.2 Trazo de la línea

La optimización de la construcción de las líneas aéreas de transmisión de energía eléctrica, requiere del diseño de la trayectoria de longitud mínima, evitando en lo posible los ángulos pronunciados, sin menoscabo de la seguridad, operación, mantenimiento y accesibilidad; para lo cual, además de los factores técnicos y económicos, deberá cumplir con los requisitos siguientes:

6.2.2.1 Tramos rectos

El diseño deberá dar preferencia al trazo rectilíneo.

6.2.2.2 Alineación de postes

En poblaciones urbanizadas, todas las estructuras deberán quedar alineadas y en un solo lado de la acera o calle para todo el trayecto, en sentido longitudinal y transversal.

6.2.2.3 Cruce de vías

Minimícese el número de cruzamientos con otros derechos de vías tales como: Vías férreas, carreteras, instalaciones telefónicas o de vídeo, canales navegables, etc. Cuando sea necesario realizar los cruces de vías, estos deberán realizarse de preferencia perpendicularmente al derecho de vía o como máximo que forme un ángulo de 20 grados.

6.2.2.4 Evitar riesgos de colisión con las estructuras

Las estructuras se deberán instalar en lugares en donde las condiciones de tránsito no sean adversas, evitando riesgos de colisión sobre las mismas.

6.2.2.5 Paso sobre vivienda existente

No deberá diseñarse y/o construirse líneas aéreas de cualquier nivel de tensión sobre viviendas.

6.2.2.6 Interferencias eléctricas

El diseño de las líneas deberá respetar los criterios así como las distancias recomendadas por normas internacionales tales como IEC, ANSI, CSA CAN3-C108.3.1-M84 u otra norma correspondiente, para evitar o minimizar las interferencias eléctricas en componentes ajenos a la red eléctrica. El diseñador deberá respetar los criterios de diseño así como las distancias recomendadas por normas internacionales tales como ANSI/IEEE o la norma canadiense CAN3-C108.3.1-M84, para evitar o minimizar las interferencias eléctricas en radio, televisión, teléfonos, equipo de cómputo y sistemas de comunicación en general.

6.2.2.7 Accesos a inmuebles

El diseñador deberá prevenir la obstaculización de los accesos a los inmuebles. Si en el momento del diseño de la línea, los inmuebles afectados no estuvieren definidos sus accesos, las estructuras deberán ser ubicadas frente a los límites de propiedad en donde estos colindan.

6.2.2.8 Señalización de líneas

Cuando por razones de la topografía del terreno los vanos de las líneas sean muy largos o queden a alturas considerables de la superficie del suelo, o cuando se construyan líneas aéreas en lugares de tránsito aéreo de baja altura (avionetas o helicópteros), los conductores deberán tener señalizaciones adecuadas para hacerlos visibles.

6.2.2.9 La selección de conductores

La selección del conductor para una línea de transporte dependerá de su aplicación específica. Para seleccionarlo, el diseñador deberá satisfacer los requisitos de transporte de energía eléctrica, mínimas pérdidas de potencia, regulación de tensión dentro de los límites permitidos por las normas de la CNEE, (NTSD y NTCSTS), y una adecuada resistencia mecánica del conductor.

6.2.3 Relaciones entre líneas

Cuando se considere la construcción de dos ó más líneas aéreas, o de una línea aérea con una de comunicaciones, utilizando las mismas estructuras, se deberá cumplir con los siguientes requerimientos:

- La línea de mayor tensión deberá quedar en la parte superior;
- Cuando se trate de líneas aéreas de suministro eléctrico y de comunicación, las primeras deberán estar en los niveles superiores y conservar su misma posición en todo su trayecto, considerando las transposiciones necesarias de los conductores;
- La estructura deberá diseñarse con la adecuada resistencia mecánica y de tal forma, que no obstruya los trabajos de mantenimiento.

6.2.4 Accesibilidad a líneas aéreas

Para efectos de operación y mantenimiento, el diseño de las líneas aéreas deberá considerar que éstas sean accesibles, en cualquier época del año, al personal y equipo requerido.

6.2.5 Equipo eléctrico conectado a la línea

Aquí nos referiremos a como deberán ser conectados los equipos eléctricos dentro de las líneas de transmisión.

6.2.5.1 Indicación de posición de operación

Los interruptores, cortacircuitos, seccionadores, etc., deberán indicar claramente su posición de “abierto” o “cerrado”, ya sea que se encuentren dentro de gabinetes o estén descubiertos.

6.2.5.2 Fijación de operación

Con la finalidad de evitar operaciones indeseadas, los interruptores, seccionadores, etc., deberán estar provistos de mecanismos de seguridad que permitan asegurar su posición de “abierto” o “cerrado”.

6.2.5.3 Derivaciones

No se autoriza la conexión de derivaciones en las líneas

6.2.5.4 Cargas o generadores conectados a una línea de transmisión

Cualquier carga o generación que necesite usar las líneas de transmisión, aparte de cumplir lo requerido por la ley general de electricidad y reglamento, debe construir una subestación de conmutación de acuerdo a lo indicado en las normas de diseño de subestaciones.

6.2.6 Voltajes nominales

A continuación se detallaran los diferentes voltajes que podremos tener en una línea de transmisión.

6.2.6.1 Voltajes nominales normales

Las tensiones máximas de operación se deberán diseñar con apego a las Normas ANSI C84 y C92. La tabla VI muestra las tensiones nominales normales para el diseño de líneas de transmisión actualmente utilizadas en Guatemala por el SNI.

Tabla VI Tensiones Nominales en líneas de transmisión

<i>Nominal (Kv)</i>	<i>Máxima De Diseño (Kv)</i>
69	72.5
138	145
230	242
400	416

Fuente: Normas técnicas de diseño y operación del servicio De transporte de energía eléctrica (NTDOST), 1999. Criterios generales de diseño. Diseño de líneas aéreas.

6.2.7 Coordinación de aislamiento

Este documento sirve para determinar y definir el número y tipo de aisladores, considerando los siguientes datos:

- Altitud sobre el nivel del mar de la línea de transmisión (msnm)
- Nivel Básico de Aislamiento al Impulso (kV)

- Nivel Básico de aislamiento por Maniobra (kV)
- Nivel isocerámico de la región
- Nivel de contaminación (DESD)

6.2.7.1 Precipitación pluvial

Cuando no sea posible cumplir las distancias mínimas de seguridad estipuladas en estas especificaciones, únicamente por la presencia de árboles, vegetación ó áreas protegidas, los conductores eléctricos y otras superficies energizadas asociadas a las líneas, deberán ser protegidos o aislados para la tensión de operación.

Para el diseño del aislamiento de las líneas de transmisión deberá seleccionarse aisladores que estén garantizados para evitar saltos de arco eléctrico en condiciones de operación, sobretensiones transitorias, humedad, temperatura, lluvia o acumulaciones de suciedad, sal y otros contaminantes que no son desprendidos de una manera natural.

Los aisladores podrán ser de porcelana, vidrio, polímeros siliconados u otro material que tenga características mecánicas y eléctricas equivalentes o superiores que los antes mencionados. Deberán estar identificados por su fabricante ya sea con su nombre comercial, con un número de catálogo, u otro medio, de tal forma que permita determinar sus propiedades eléctricas y mecánicas a través de catálogos u otra literatura.

Los aisladores deberán tener suficiente resistencia mecánica para soportar esfuerzos mecánicos a los que están sometidos por: cargas máximas de viento, severo abuso mecánico, descargas electroatmosféricas, arcos de energía y condiciones de contaminación desfavorable (salinidad, corrosión, gases y lluvia ácida, humo, polvo, neblina, etc.), sin exceder los siguientes porcentajes de su resistencia mecánica a la ruptura;

- Cantilever 40 %
- Compresión 50 %
- Tensión 50 %

El nivel de aislamiento de los aisladores. Los valores de tensión de flameo en seco de un aislador o de una cadena de aisladores cuando se prueban de acuerdo con las normas ANSI C29.1-1988 no deben ser inferiores que los presentados en la tabla VII. En zonas en donde las descargas electroatmosféricas son severas o existen condiciones de contaminación atmosférica alta u otra condición de contaminación desfavorable, deben usarse aisladores con tensiones de flameo en seco adecuadas a esas condiciones y no menores a los indicados en la tabla VII.

Tabla VII Tensiones mínimas de flameo en seco, de aisladores

Tensión Nominal entre fases (kv)	Tensión mínima de prueba (kv)	Tensión Nominal entre fases (kv)	Tensión mínima de prueba (kv)	Tensión Nominal entre fases (kv)	Tensión mínima de prueba (kv)	Tensión Nominal entre fases (kv)	Tensión mínima de prueba (kv)
0.75	5	23.0	75	115	315	400	1100
2.4	20	34.5	100	138	390		
6.9	39	46	125	161	445		
13.2	55	69	175	230	640		

Fuente: Normas técnicas de diseño y operación de las instalaciones de distribución (NTDOID), 1999. Criterios generales de diseño y seguridad. Líneas aéreas. Artículo 15 Aislamiento de la línea.

Nota: Los aisladores deberán cumplir con la Norma ANSI C29.

6.2.8 Niveles de aislamiento

En el diseño de líneas de transmisión de energía eléctrica, la selección de los niveles de aislamiento debe cumplir con los siguientes requisitos:

- a) La tensión eléctrica de arqueo del aislamiento en atmósfera húmeda a la frecuencia de operación del sistema (60 Hertz), será mayor que cuatro veces el valor del voltaje nominal de operación de la línea con respecto al neutro del sistema.
- b) La tensión eléctrica de arqueo al impulso del aislamiento de la línea, será mayor que el Nivel Básico de Aislamiento al Impulso, (BIL), del equipo de la subestación conectado a la línea para cada voltaje nominal, como se indica en la tabla VIII.

Tabla VIII Niveles máximos de aislamiento al impulso (BIL)

<i>Voltaje nominal</i>	<i>BIL nominal</i>	<i>BIL reducido (*)</i>
69	350	---
115	550	450
138	650	550
230	1,050	900
400	1,425	---

Fuente: Normas técnicas de diseño y operación de las instalaciones de distribución (NTDOD), 1999. Criterios generales de diseño y seguridad. Subestaciones. Artículo 22 Seguridad de subestaciones.

() Para sistemas con neutro conectado sólidamente a tierra.*

El número mínimo de aisladores de cadena tipo CRNE AIS-3, (Clase NEMA 52-3) o equivalente, que satisface las condiciones estipuladas en los incisos a) y b) anteriores, es de 4, 7, 8, y 14 para 69, 115, 138 y 230 KV, respectivamente.

En zonas especiales de alto nivel de tormenta o de alta humedad relativa, cercanas al mar o a volcanes con atmósferas cargadas de polvo, productos químicos, etc., se deberá considerar cada caso con el objeto de elevar el nivel de aislamiento si fuere necesario. En zonas cercanas al mar, es recomendable el uso de aisladores con una capa de silicón, para evitar la acción de la brisa salina en los mismos.

6.2.9 Aisladores por fase

Los aisladores a utilizar por fase, se muestran en la tabla IX.

Tabla IX Cantidad de aisladores por fase

<i>Voltaje nominal (kv)</i>	<i>Suspensión</i>		<i>Ángulos</i>		<i>Remates</i>	
	<i>No. Aisladores</i>	<i>Relación</i>	<i>No. Aisladores</i>	<i>Relación</i>	<i>No. Aisladores</i>	<i>Relación</i>
69	5	5.4	6	6.4	6	6.4
115	8	5.0	9	5.6	10	6.2
138	9	4.7	10	5.2	11	5.7
230	15	4.5	17	5.0	18	5.3
400	26		27		27	

Fuente: Elaboración propia

Nota: La relación a la que se refiere la tabla, es la correspondiente entre voltajes de arqueo en húmedo y de fase a neutro.

La norma podrá modificarse en casos de remates de líneas en estructuras de soporte o en subestaciones, o bajo condiciones especiales de operación de naturaleza mecánica, tales como calibres mayores de conductores o tramos muy largos que impongan esfuerzos anormales en los aisladores. Esta modificación se refiere al uso de la doble cadena de aisladores para mayor resistencia y no al número de aisladores de una sola cadena.

En zonas localizadas a más de 1,000 metros sobre el nivel del mar, (msnm), debe tomarse en cuenta un factor de corrección para los valores de arqueo en seco, a 60 Hz, de los aisladores tipo espiga, poste y de suspensión. Estos valores se indican en la tabla X.

Tabla X Factores de corrección por altura

Altura (msnm)	Factor de corrección
A 1000	1.0
1000 – 1250	0.94 – 0.91
1250 – 1550	0.91 – 0.88
1550 – 2200	0.88 – 0.85
2200 – 3100	0.85 – 0.79
Más de 3100	0.79 – 0.70

Fuente: Normas técnicas de diseño y operación de las instalaciones de distribución (NTDOID), 1999. Criterios operacionales. Operación de líneas y subestaciones. Artículo 41 Líneas subterráneas.

6.2.10 Estructuras

En este documento se indica la relación de estructuras normalizadas, de las cuales se deben seleccionar aquellas que de acuerdo a las condiciones particulares de cada proyecto apliquen.

- a) Se deberá tener en cuenta en su diseño constructivo, la accesibilidad a todas sus partes por el personal autorizado, se deberá evitar la existencia de cavidades sin drenajes en las que pueda acumularse el agua.
- b) Atendiendo a su función en la línea, las estructuras se clasifican en:
 - I. **Suspensión:** Que sirven solamente para sostener los conductores y cables de tierra, debiendo emplearse únicamente en alineaciones rectas.
 - II. **Angulo:** Utilizadas para sostener los conductores y cables de tierra en los puntos de inflexión o vértices de los ángulos que forman dos alineaciones.
 - III. **Anclaje:** Que proporcionan puntos firmes en la línea que limiten la propagación en la misma de esfuerzos longitudinales de carácter excepcional, que puedan producir el colapso de ellas, (efecto dominó). Se recomienda colocar estas a cada 2,500 a 3,500 metros.
 - IV. **Remate:** Estas deben resistir en sentido longitudinal de la línea, el esfuerzo de todos los conductores y cables de tierra.

6.2.11 Cables y herrajes

En este apartado detallaremos las características de cables y herrajes que se pueden utilizar en líneas de transmisión.

6.2.11.1 Cables

Define las características de los cables que deben ser considerados en el diseño de la línea de transmisión, tomando en cuenta las características de los cables señaladas en las especificaciones.

6.2.11.2 Herrajes

Define las características de los herrajes que deben ser considerados para el diseño de la línea de transmisión, de acuerdo a las especificaciones.

6.2.12 Conductores

Los conductores podrán ser de cualquier material metálico o combinación de éstos, que permitan constituir cables o conductores de características eléctricas y mecánicas adecuadas para su fin e inalterables con el tiempo, debiendo presentar además una resistencia elevada a la corrosión atmosférica.

Se adoptarán las características de los conductores que sean facilitadas por los fabricantes de los mismos. Los conductores eléctricos se designarán por su calibre, utilizando el sistema AWG (American Wire Gauge). Entre paréntesis se indicará el equivalente del mismo, en milímetros cuadrados.

Las características propias de cada conductor, tales como diámetro, área, peso, resistencia eléctrica, resistencia última, etc., deberán especificarse usando el sistema internacional de medidas.

Se adoptan como normales los siguientes tipos de conductores y calibres, para uso en las líneas de transmisión de energía eléctrica:

<u>Tipo de Conductor</u>	<u>Calibres Normales (Awg)</u>
ACSR	4/0, 266.8, 336.4, 477, 556.5, 636, 795, 1,113 MCM.
ACAR	1,280 MCM.

El número de hilos de aluminio y acero de los conductores ACSR, se determinará según los requerimientos de diseño para cada caso en particular.

Con el objeto de evitar o disminuir la corrosión en las líneas de transmisión que se construyen cerca de la costa y se encuentren expuestas directamente a la contaminación salina de la brisa del mar, se recomienda el uso de conductores de aluminio tipo ACAR (Aluminum Conductor Alloy Reinforced), con los accesorios adecuados. Las juntas de compresión de aluminio para tracción total y las terminales, deben tener la sección transversal adecuada para compensar la mayor resistencia de las aleaciones con relación al ACSR.

Los conductores deberán ser de un material o una combinación de materiales que minimicen la corrosión por causa de las condiciones ambientales.

Las líneas aéreas se ejecutarán como regla general, con conductores desnudos. En caso de usar conductores cubiertos de una capa aislante, ésta deberá ser resistente a las acciones atmosféricas.

Al seleccionar los conductores desnudos con base a su capacidad de corriente, se recomienda no sobrepasar los valores que han sido determinados con base a las propiedades físicas del material, bajo ciertas condiciones de temperatura ambiente y de elevación de temperatura del propio conductor. La tabla XI muestra valores máximos de capacidad de conducción de corriente para los calibres de conductores de cobre y aluminio desnudos más usuales en líneas aéreas. Estas capacidades corresponden a 75 °C de temperatura total en el conductor, operando a un régimen de carga constante.

Tabla XI Capacidad máxima de conducción de corriente en conductores desnudos de cobre, ACSR y aluminio

Calibre Awg O Mcm	Cobre (*) (Amperes)	Acsr (Amperes)	Aluminio (Amperes)	Calibre Awg O Mcm	Cobre (*) (Amperes)	Acsr (Amperes)	Aluminio (Amperes)
8	90	-	-	336.4	-	530	520
6	130	100	98	477.0	-	670	650
4	180	140	130	636.0	-	780	760
2	240	180	180	795.0	-	910	880
1/0	310	230	235	954.0	-	1010	970
2/0	360	270	275	1113.0	-	1110	1100
3/0	420	300	325	1351.0	-	1250	1230
4/0	490	340	375	1510.5	-	1340	1375
266.8	-	460	445	1590.0	-	1380	1600

Fuente: Normas técnicas de diseño y operación de las instalaciones de distribución (NTDOID), 1999. Criterios generales de diseño y seguridad. Líneas aéreas. Artículo 17 Conductores.6.2.12.1 Bases

- Temperatura total máxima en el conductor: 75°C
- Temperatura ambiente: 25°C
- Velocidad del viento: 0.6 m/s
- Factor de emisividad: 0.5
- Frecuencia: 60 Hertz

6.2.13 Regulación de voltaje

Aquí se detalla los límites de voltajes que se podrán utilizar o emplear en las líneas de transmisión.

6.2.13.1 Límite de voltajes permisibles

Los límites máximos y mínimos de voltaje permisibles en los sistemas de transmisión de energía eléctrica, se indican en la tabla XII. Estos valores limitan la zona de operación de los respectivos sistemas, dentro de la cual, los equipos utilizados deben ser capaces de operar en forma continua; no señalan el rango de variaciones que podría existir en un mismo punto del sistema.

Tabla XII Límite de voltajes permisibles en los sistemas de transmisión de energía eléctrica

Voltaje nominal (kv)	Limite máximo (kv)	Limite mínimo (kv)
69	72.5	60
115	121	100
138	145	120
230	242	200
400	416	384

Fuente: Elaboración propia

Para garantizar niveles de voltaje adecuados en las líneas de transmisión de energía eléctrica para todas las condiciones de carga, limitar a un nivel conveniente de operación el valor máximo de la tensión eléctrica en líneas y mantener las pérdidas de las mismas dentro de los límites aceptables, se establece como norma para el diseño de líneas de transmisión, un valor máximo de regulación de voltaje de diez por ciento, (10%), bajo condiciones de máxima carga.

La regulación de voltaje de una línea, se define como la diferencia de las magnitudes de las tensiones eléctricas de envío y de recibo de la línea, expresada como porcentaje de la magnitud de voltaje nominal de la misma.

6.2.13.2 Pérdidas de potencia y energía y factor de potencia

Se adopta como normal para el diseño de líneas de transmisión de energía eléctrica, un valor de pérdidas de potencia máximo de cinco por ciento, (5%). En casos de líneas que operan a bajo factor de carga anual, este valor puede aumentarse hasta un máximo de diez por ciento (10%), siempre que no signifique una pérdida excesiva de energía durante el año.

Las pérdidas de potencia, (expresadas en porcentaje), están en función de la potencia máxima entregada en el lado de recibo de la línea. El factor de potencia de la carga en el lado de recibo, deberá mantenerse lo más cerca posible de la unidad y se recomienda que no sea menor de 0.95 atrasado. En igual forma, se recomienda que el factor de potencia en el lado de envío sea igual o mayor de 0.90 atrasado.

6.2.14 Datos meteorológicos

Se refiere a las consideraciones meteorológicas que aplican en el proyecto, como son:

6.2.14.1 Temperatura de las regiones de la trayectoria:

- Máxima (grados C)
- Media (grados C)
- Mínima (grados C)
- Presencia de hielo

6.2.14.2 Velocidades regionales del viento, conforme al documento de referencia.

- Con período de retorno de 10 años (Km./h)
- Con período de retorno de 50 años (Km./h)

6.2.14.3 Nivel Isoceraunico

En este apartado nos servirá para poder determinar las características existentes en el territorio guatemalteco.

6.2.15 Planos de planta y perfil topográficos

A partir del trazo definido, el contratista debe realizar los trabajos de topografía y generar los planos.

6.2.16 Limitaciones ambientales

Se refiere a los aspectos ambientales que se deben aplicar recomendados por el estudio de impacto ambiental aprobado por el MARN.

6.2.17 Desarrollo del diseño electromecánico

El diseño electromecánico deberá ser realizado utilizando un software especializado.

Dentro del proyecto electromecánico se debe considerar lo siguiente:

- *Localización de estructuras.*
- *Sistema de tierras.*
- *Sistema de amortiguamiento.*
- *Señalización especial.*

6.2.18 Localización de estructuras

En este apartado podremos determinar la localización de estructuras.

6.2.18.1 Limitaciones para el cálculo de los parámetros de diseño electromecánico

Las tensiones de los cables se deben calcular mediante la ecuación de cambio de estado verificando lo siguiente:

- La tensión del cable conductor en condiciones de temperatura media diaria sin viento y sin hielo será máximo del 22% respecto a la tensión de ruptura del cable.
- La tensión del cable conductor en condiciones de viento máximo o con temperatura mínima con carga de hielo y viento reducido, será máximo del 33% respecto a la tensión de ruptura del cable.
- Las condiciones anteriores no deben rebasar la capacidad máxima longitudinal de diseño en la estructura.

Para la tensión máxima del cable de guarda con y sin fibras ópticas en condiciones de viento máximo o con temperatura mínima con carga de hielo y viento reducido, se debe considerar lo siguiente:

- Conservar la distancia vertical entre los puntos de enganche del cable de guarda y el cable conductor superior.
- No se debe rebasar la capacidad máxima longitudinal de diseño en la estructura.
- Para libramientos mínimos se debe considerar la condición de temperatura de 50 grados centígrados sin viento, incluyendo para esta condición el efecto de elongación del cable conductor por envejecimiento.
- Para revisar efectos de cargas ascendentes se debe considerar el parámetro a temperatura mínima con o sin hielo y viento reducido.

6.2.19 Clases de construcción en líneas aéreas

Se refiere a los tipos de estructuras que se deberán utilizar para la construcción de líneas de transmisión.

6.2.19.1 Las estructuras

Las estructuras de las líneas aéreas deberán ser diseñadas para soportar las cargas multiplicadas por los apropiados factores de sobrecarga sin exceder los límites permitidos. Las estructuras de las líneas aéreas deberán ser construidas para que tengan la capacidad de resistir las cargas estáticas y dinámicas a que estarán sujetas las líneas en condiciones normales y excepcionales. El diseño deberá estar basado en prácticas normalizadas de Ingeniería Estructural y deberá considerar la configuración de los conductores y el efecto de las distintas fuerzas que actúan sobre estos. Como mínimo las estructuras deberán cumplir con los siguientes requisitos:

- a) **Postes de concreto:** Deberán ser de concreto reforzado o pretensados por los procesos centrifugado y/o vibrado.
- b) **Postes de madera:** Deberán ser de madera seleccionada, libre de defectos que pudieran disminuir su resistencia mecánica y tratada con una solución preservadora, para aumentar su duración. Todos los postes deberán ser curados, taladrados y con los agujeros y cortes hechos antes del tratamiento.
- c) **Postes y estructuras de acero:** El espesor del material que se utilice no deberá ser menor de cuatro (4) mm. Cuando la aleación de acero no contenga elementos que la hagan resistente a la corrosión se deberá proteger con una capa exterior de pintura o metal galvanizado que garantice la durabilidad.

6.2.19.2 Las cimentaciones

Las cimentaciones deberán ser diseñadas para resistir las cargas que le transmite la estructura.

El diseño de los cimientos deberá verificar que su presión sobre el suelo no exceda el valor admisible de la capacidad de carga del mismo suelo, y que la fuerza de tracción en los cimientos no supere el peso propio del cimiento, más el peso del suelo que gravita sobre él.

6.2.19.3 Pruebas

Se recomienda que los postes o torres y sus cimientos se sometan a pruebas en prototipos, con métodos adecuados para garantizar su buen funcionamiento.

6.2.19.4 Retenidas

- a) En postes de madera y concreto se deberá considerar que las retenidas llevan la resultante de la carga total en la dirección en que actúen;
- b) Se recomienda usar para las retenidas cables de acero y herrajes adecuados que protejan la estructura y mantengan al cable en la posición correcta;
- c) El cable de acero, herrajes y aisladores que se utilicen deben tener una resistencia mecánica no menor que la requerida para la retenida;
- d) Los hilos, cables metálicos o barras, empleados para los tirantes deberán ser galvanizados si son de acero, o de otro material igualmente resistente a la corrosión; La sección del tirante deberá ser de por lo menos 30 mm^2 .
- e) La resistencia mecánica de los aisladores que se utilicen para retenidas, no debe ser menor que la resistencia de ruptura del cable de la retenida en que se instalen;

- f) La tensión de flameo en seco de estos aisladores, debe ser cuando menos el doble de la tensión nominal entre fases de la línea en que se usen, y su tensión de flameo en húmedo, cuando menos igual a dicha tensión;
- g) Ningún aislador debe quedar a una altura menor de 2.50 m del nivel del suelo;
- h) Cuando una retenida no conectada efectivamente a tierra, pase cerca de conductores o partes descubiertas energizadas a más de 300 voltios, debe proveerse un medio aislante adecuado de manera que el tramo de la retenida expuesto a contacto con dichos conductores o partes energizados, quede comprendido entre la parte aislada.

6.2.19.5 HERRAJES

Deberán tener suficiente resistencia mecánica para soportar la tensión máxima resultante de la aplicación de las cargas correspondientes. Se recomienda que los herrajes a utilizar sean de preferencia por inmersión en caliente.

6.2.19.6 Factores de sobrecarga

Las estructuras, cruceros, retenidas, fundiciones y anclas deberán ser diseñadas para soportar las cargas adecuadas multiplicadas por los factores de sobrecarga apropiados descritos en las tablas siguientes.

6.2.20 Distancias mínimas de seguridad

Estas especificaciones deberán de cumplir los requisitos mínimos que se utilizaran para las diferentes distancias mínimas de seguridad

6.2.20.1 Generalidades

El diseño, construcción o ampliación de líneas de transmisión deberán de cumplir con las siguientes especificaciones.

6.2.20.1.1 Aplicación

Este cubre las distancias mínimas de seguridad, de las situaciones más comunes, de líneas aéreas de suministro eléctrico y tiene la intención de desarrollar una doble función bajo las condiciones de operación esperadas:

- a) Limitar la posibilidad de contacto por personas con los circuitos o equipos.
- b) Impedir que una línea entre en contacto con otra o con la propiedad pública o privada.

6.2.20.1.2 Medición de distancias y espaciamientos

Para referirse a la separación entre conductores y sus soportes, estructuras, construcciones, nivel del suelo, etc., se usan en este artículo los términos distancia y espaciamiento. A menos que se diga otra cosa, todas las distancias deben medirse de superficie a superficie y todos los espaciamientos se deberán medir de centro a centro. Para propósito de medición de las distancias, los herrajes y accesorios que estén energizados debido a su conexión eléctrica a los conductores de la línea, se deben considerar como parte integral de los mismos conductores. Las bases metálicas de las mufas, pararrayos y de equipos similares deben ser consideradas como parte de la estructura de soporte.

6.2.20.1.3 Cables de suministro

Las distancias para los tipos de cables descritos en los siguientes subincisos, así como para sus empalmes y derivaciones, pueden ser menores que las establecidas para conductores desnudos de la misma tensión eléctrica, siempre que sean capaces de soportar pruebas conforme a Normas aplicables.

6.2.21 Distancias de seguridad verticales de conductores sobre el nivel del suelo, carreteras, vías férreas y superficies con agua.

Los requisitos de este numeral se refieren a la altura mínima que deben guardar los conductores y cables de líneas aéreas, respecto del suelo, agua y parte superior de rieles de vías férreas:

6.2.21.1 Aplicación

Las distancias verticales deben ser como mínimo las indicadas en la tabla No. XIII y se aplican bajo las siguientes condiciones:

- La condición que ocasione la mayor flecha final: temperatura en los conductores de 50°C, sin desplazamiento de viento, o la temperatura máxima del conductor para la cual fue diseñada la operación de la línea sin desplazamiento de viento, cuando esta temperatura es mayor de 50°C;
- Flecha final sin carga, en reposo.

6.2.21.2 Distancias adicionales para conductores

- Para tensiones entre 22 y 470 kV, la altura básica de los conductores especificada en la tabla No. XIII deberá incrementarse 0.01m por cada kV en exceso de 22 kV. Todas las distancias para tensiones mayores de 50 kV deben ser basadas en la máxima tensión de operación.
- Para tensiones mayores de 50 kV, la distancia adicional del inciso anterior deberá aumentarse tres por ciento (3%) por cada 300 m de altura de exceso de 1,000 m sobre el nivel del mar.

Tabla XIII Distancias mínimas de seguridad verticales de conductores sobre el piso (fase-tierra)

Naturaleza de la superficie bajo los conductores	69 KV	138 KV	230 KV	400 KV
Vías férreas	10	10.7	11.9	14.30
Carreteras,	7.9	8.5	9.50	12.20
calles, caminos y otras áreas usadas para tránsito	7.00	7.90	9.10	12.20
Aceras o caminos accesibles sólo a peatones	6.10	7.00	8.50	10.65
Campos de cultivo, (cereales, hortalizas)	6.40	7.30	8.50	11.00
Zonas cafetaleras	11.00	11.50	12.00	15.00
Cultivo de caña	12.50	13.00	14.00	15.00
Zonas inundables	7.00+NIME	7.50+NIME	8.50+NIME	10.65+NIME

Fuente: Normas técnicas de diseño y operación de las instalaciones de distribución (NTDOID), 1999. Criterios generales de diseño y seguridad. Líneas aéreas. Artículo 18 Distancias mínimas de seguridad.

Nota: todas las tensiones son dadas de fase a tierra.

NIME = Nivel Máximo de Escorrentía

6.2.22 Distancias de seguridad entre conductores y cables soportados en la misma estructura

El diseño de líneas de transmisión se debe de cumplir con las siguientes disposiciones.

6.2.22.1 Aplicación

Los requisitos de este establecen las distancias mínimas entre conductores de líneas aéreas, eléctricas y de comunicación, así como las que estos deben guardar a sus soportes, retenidas, cables de guarda, etc., cuando están instalados en una misma estructura.

Todas las tensiones son entre conductores involucrados. A menos que se indique de otra forma, la tensión entre conductores de diferentes fases de distintos circuitos, debe tomarse como el mayor valor que resulte de los siguientes:

- La diferencia vectorial entre los conductores involucrados;
- La tensión de fase a tierra del circuito de más alta tensión.

6.2.22.2 Distancia horizontal entre conductores y cables de línea

La distancia horizontal entre conductores y cables de línea deberá ser como sigue:

6.2.22.2.1 En soportes fijos

Los conductores y cables en soportes fijos (con aisladores rígidos) deben tener una distancia horizontal en sus soportes no menor que el mayor de los valores obtenidos según los subincisos 1.1 y 1.2 siguientes. Estas distancias no aplican si son cables aislados o bien si son conductores cubiertos de un mismo circuito

6.2.22.2.1.1 Distancia horizontal mínima

La distancia horizontal entre conductores y cables, ya sean del mismo o de diferente circuito, no debe ser menor que la especificada en la tabla No. XIV.

6.2.22.2.1.2 Distancia de acuerdo a la flecha

La distancia horizontal entre soportes de conductores y cables, ya sean del mismo o de diferente circuito, no debe ser menor que el valor dado por las fórmulas 1 y 2. En caso de que el valor obtenido de la tabla No. XIV sea mayor, debe usarse ese valor, excepto para conductores y cables del mismo circuito con tensión mayor de 50 KV.

Fórmula 1. Para conductores y cables de área transversal menor de 33.6 mm²
(No. 2 AWG)

$$S = 7.6 * (kV) + 20.4 * \sqrt{f - 610}$$

Fórmula 2. Para conductores y cables de área transversal mayor o igual a 33.6 mm² (No. 2 AWG)

$$S = 7.6 * (kV) + 8 * \sqrt{2.12 * f}$$

En donde:

- S = La distancia en mm
- kV = Es la tensión entre los dos conductores y cables para los que se calcula la distancia;
- f = Es la flecha aparente en mm, del conductor de mayor flecha en el vano.

Tabla XIV Distancia horizontal mínima de separación entre conductores del mismo de diferente circuito en sus soportes fijos

Nivel De Tensión Eléctrica De La línea	Distancia Mínima De Seguridad En M
69 Kv	2.93
138 kV	3.80
230 kV	5.46
400 kV	9.60

Fuente: Normas técnicas de diseño y operación de las instalaciones de distribución (NTDROID), 1999. Criterios generales de diseño y seguridad. Líneas aéreas. Artículo 18 distancias mínimas de seguridad.

6.2.22.3 Distancia Vertical entre conductores de línea

La distancia vertical entre conductores de línea localizados en diferentes niveles de una misma estructura, debe ser cuando menos la indicada en los incisos siguientes:

6.2.22.3.1 Distancias de acuerdo a la flecha

Los conductores soportados a diferentes niveles en la misma estructura, deben tener una distancia vertical en sus soportes, de tal forma que la distancia mínima entre ellos, en cualquier punto del vano, no sea menor que la establecida en los puntos siguientes. Para propósitos de esta determinación el conductor superior tiene su flecha final a la máxima temperatura para la cual el conductor es diseñado para operar. El conductor inferior estará a las mismas condiciones pero sin carga eléctrica.

6.2.22.3.2 Excepción

Este requerimiento no aplica a conductores de la misma empresa, cuando los conductores son del mismo tamaño y tipo y son instalados a la misma tensión y flecha.

El conductor deberá cumplir con las siguientes distancias mínimas:

Tabla XV Distancia vertical hacia otro conductor

<i>Voltaje (Kv)</i>	69	138	230	400
69	1.80	2.00	2.70	6.29
138		2.90	3.40	6.98
230			4.40	7.90
400				9.60
Líneas de Comunicación	2.20	2.50	3.10	7.00

Fuente: Normas técnicas de diseño y operación de las instalaciones de distribución (NTDOID), 1999. Criterios generales de diseño y seguridad. Líneas aéreas. Artículo 18 Distancias mínimas de seguridad.

Tabla XVI Distancia horizontal hacia otro conductor del mismo voltaje

Conductor	Voltaje (Kv)	Distancia (M)
477	69	3.66
477	115	3.66
477	138	4.27
795	230	7.62
1113	400	13.60

Fuente: Normas técnicas de diseño y operación de las instalaciones de distribución (NTDOID), 1999. Criterios generales de diseño y seguridad. Líneas aéreas. Artículo 18 Distancias mínimas de seguridad.

6.2.22.4 Distancias de las estructuras de soporte a otros objetos

La distancia de las estructuras, debe ser cuando menos la indicada en los incisos siguientes:

6.2.22.4.1 Aplicación

Los requisitos de este numeral se refieren a las distancias mínimas que deben guardar las estructuras de soporte de las líneas aéreas, incluyendo sus retenidas y anclas a carreteras y vías férreas.

6.2.22.4.2 A calles, caminos y carreteras

Aquí se detallaran las distancias que se deberán tomar en cuenta para el diseño de líneas de transmisión.

6.2.22.4.2.1 Distancia horizontal de estructuras a orillas de calles o carreteras

Las estructuras incluyendo sus retenidas deberán estar colocadas lo más separado posible de la orilla de la calle o carretera. En el caso de que existan bordillos y que la distancia vertical mínima de la superficie de la calle o carretera al equipo o accesorio soportado por la estructura sea de 4.60 m, la estructura deberá colocarse lo más separado posible de la orilla del bordillo y nunca a menos de 0.15 m.

6.2.22.4.2.2 Distancia horizontal de estructuras a esquinas de calle

Las estructuras incluyendo sus retenidas deberán estar colocadas lo más lejos posible del inicio de la curvatura.

6.2.23 Cargas mecánicas en líneas aéreas

Se deberán de tomar en cuenta, las siguientes disposiciones para el diseño y ampliación de líneas de transmisión.

6.2.23.1 Generalidades

Las líneas aéreas deberán tener suficiente resistencia mecánica para soportar las cargas propias y las debidas a las condiciones meteorológicas a que estén sometidas, según el lugar en que se ubiquen, con los factores de sobrecarga adecuados.

En cada caso deberán investigarse y aplicarse las condiciones meteorológicas que prevalezcan en el área en que se localice la línea.

En aquellas regiones del país donde las líneas aéreas lleguen a estar sometidas a cargas mecánicas más severas que las calculadas sobre las bases señaladas en este artículo, por menor temperatura ó mayor velocidad del viento, las instalaciones deberán diseñarse tomando en cuenta tales condiciones de carga, conservando los factores de sobrecarga correspondientes.

De no realizarse un análisis técnico detallado, que demuestre que pueden aplicarse cargas mecánicas menores, no deberán reducirse las indicadas en este capítulo.

6.2.23.2 Zonas de cargas mecánicas

Con el propósito de establecer las cargas mínimas que deben considerarse en el cálculo mecánico de líneas aéreas, según el lugar de su instalación, el país se ha dividido en 3 zonas de carga, en las cuales se calculará la presión ejercida por el viento como la correspondiente a una velocidad no menor de las que se indican a continuación:

- Zona 1 = 80 kilómetros por hora, (Región Sur del país).
- Zona 2 = 100 kilómetros por hora, (Región Central del país).
- Zona 3 = 120 kilómetros por hora, (Región Norte del país).

En el país existen 4 zonas de temperatura, en las cuales se supondrá que los conductores estarán sometidos a las siguientes temperaturas mínimas y máximas:

- Zona 1 = mínima 10° C; máxima 50°C, (Petén, Norte Alta Verapaz, Oeste Izabal, Sur San Marcos, Escuintla, Suchitepequez, Retalhuleu, Jutiapa, Zacapa).
- Zona 2 =mínima -5° C; máxima 40°C, (Quetzaltenango, Sur Huehuetenango, Sololá, Totonicapán, Norte San Marcos, Chimaltenango, Sacatepéquez, Sur Alta Verapaz).
- Zona 3 = mínima 0° C; máxima 50°C, (Este Izabal, Norte Chiquimula).
- Zona 4 = mínima 0° C; máxima 40°C, (Norte Huehuetenango, Quiché, Baja Verapaz, Ciudad capital, Jutiapa).

6.2.23.3 Presión del viento

La presión del viento sobre superficies cilíndricas se debe calcular por medio de la siguiente fórmula:

$$P = 0.00482 V^2$$

donde “P” es la presión de viento, en kilogramos por metro cuadrado del área proyectada y “V” es la velocidad del viento de diseño en kilómetros por hora.

La tabla XVII muestra los valores de presión de viento que resultan al aplicar esta fórmula, con los valores de velocidad de viento de diseño.

Tabla XVII Presiones de viento mínimas para las diferentes zonas de carga mecánica

Zona de carga mecánica	Velocidad de viento de diseño km/h	Presión del viento en kg/m ² sobre superficies cilíndricas
1	80	31
2	100	48
3	120	69

Fuente: Normas técnicas de diseño y operación de las instalaciones de distribución (NTDOID), 1999. Criterios generales de diseño y seguridad. Líneas aéreas. Artículo 19 Cargas mecánicas en líneas aéreas.

6.2.23.4 Cargas en los cables

Las cargas en los cables debidas al viento, deberán determinarse en la forma indicada anteriormente. Para calcular la tensión mecánica máxima de los cables, se deberá considerar como carga total la resultante del peso del cable y de la fuerza producida por el viento actuando horizontalmente y en ángulo recto con la línea a la temperatura y velocidad del viento indicada anteriormente.

6.2.23.5 Cargas en las estructuras y soportes

Las cargas que actúan sobre las estructuras de las líneas aéreas y sobre el material usado para soportar los conductores y cables de guarda se calculan como sigue:

6.2.23.5.1 Carga vertical

La carga vertical sobre cimientos, postes, torres, crucetas, aisladores y accesorios de sujeción de los conductores y cables de guarda, se deberá considerar como el peso propio de éstos más el de los conductores, cables de guarda y equipo que soporten, teniendo en cuenta los efectos que puedan resultar por diferencias de nivel entre los soportes de los mismos.

6.2.23.5.2 Carga Transversal

La carga transversal es la debida al viento, soplando horizontalmente y en ángulo recto a la dirección de la línea, sobre la estructura, conductores, cables de guarda y accesorios.

La carga transversal sobre la estructura, debida al viento que actúa sobre los conductores y cable de guarda, se deberá calcular tomando en consideración el “vano medio horizontal” ó “vano de viento” que se define como la semisuma de los vanos adyacentes a la estructura considerada. De este modo la carga transversal por conductores y cables de guarda, es igual al claro medio horizontal multiplicado por su carga unitaria debida al viento; entendiéndose por carga unitaria del viento, el producto de la presión del viento, por el área unitaria proyectada del conductor o cable de guarda.

La carga de viento sobre postes debe calcularse considerando su área proyectada, perpendicular a la dirección del viento.

Cuando la línea cambia de dirección, la carga transversal resultante sobre la estructura, se debe considerar igual al vector suma de: la resultante de las componentes transversales de las tensiones mecánicas máximas en los conductores y cables de guarda, originada por el cambio de dirección de la línea, más la carga debida a la acción del viento actuando perpendicularmente sobre todos los cables y sobre la estructura.

6.2.23.5.3 Carga longitudinal

Es la debida a las componentes de las tensiones mecánicas máximas de los conductores o cables, ocasionadas por desequilibrio a uno y otro lado del soporte, ya sea por cambio de tensión mecánica, remate o ruptura de los mismos.

En general, no es necesario considerar carga longitudinal en los soportes comprendidos en tramos rectos de línea, donde no cambia la tensión mecánica de los conductores y cables de guarda a uno y otro lado de los soportes, excepto en el caso de estructuras de remate en tangente.

6.2.23.5.4 Aplicación simultanea de cargas

En la aplicación simultánea de cargas deberá considerarse lo siguiente:

- Al calcular la resistencia a las fuerzas transversales, se supondrá que las cargas vertical y transversal actúan simultáneamente.
- Al calcular la resistencia a las fuerzas longitudinales para la aplicación de retenidas, no se tomarán en cuenta las cargas vertical y transversal;

- En casos en que sea necesario, deberá hacerse un análisis de resistencia tomando en cuenta la aplicación simultánea de las cargas vertical, transversal y longitudinal.

6.2.23.5.5 Factores de Sobrecarga

Las estructuras, cruceros, retenidas, fundiciones y anclas deberán ser diseñados para soportar las cargas adecuadas multiplicadas por los factores de sobrecarga apropiados descritos en las tablas siguientes.

Tabla XVIII Factores de sobrecarga para estructuras, cruceros, retenidas y anclas para ser utilizadas con los factores de resistencia de la tabla XIX

Tipo de carga	Factor de sobrecarga
Cargas verticales	1.50
Cargas Transversales	
Viento	2.50
Tensión del conductor	1.65
Cargas Longitudinales	
En los cruces:	
En general	1.10
En remates	1.65
En otras partes:	
En general	1.00
En remates	1.65

Fuente: Normas técnicas de diseño y operación de las instalaciones de distribución (NTDOID), 1999. Criterios generales de diseño y seguridad. Líneas aéreas. Artículo 20 Clases de construcción en líneas aéreas.

- Incluye postes.
- Para retenidas y anclas asociadas con estructuras que únicamente soportan conductores y cables de comunicación, este factor puede reducirse a 1.33.
- Donde las cargas verticales reducen significativamente la tensión en un miembro de la estructura, un factor de sobrecarga de 1.0 debe ser usado para el diseño de dicho miembro
- Este factor puede ser reducido a 1.75 para estructuras de madera y concreto reforzado (no pretensado), cuando no son estructuras de cruce.
- Para estructuras de metal y concreto pretensado, cruceros, retenidas, fundiciones y anclas, use un valor de 1.10.

Tabla XIX Factores de resistencia para estructuras, cruceros, retenidas, cimientos y anclas para ser utilizadas con los factores de sobrecarga de la tabla XVIII

Tipo de estructura	Factor de resistencia
Estructuras de metal y concreto pretensado	1.0
Estructuras de madera y concreto reforzado	0.65
Cable de retenida	0.9
Ancla de retenida y cimientos	1.0
Estructuras de metal y concreto pretensado	1.0
Estructuras de madera y concreto reforzado	0.75
Cable de retenida	0.9
Ancla de retenida y cimientos	1.0

Fuente: Normas técnicas de diseño y operación de las instalaciones de distribución (NTDOID), 1999. Criterios generales de diseño y seguridad. Líneas aéreas. Artículo 20 Clases de construcción en líneas aéreas.

6.2.24 Derechos de vía

Los anchos del Derecho de Vía según el voltaje de la línea, se indican en la tabla XX.

Tabla XX Derechos de vía

Voltaje (Kv)	Derecho De Vía (M)
69 y 138 (Tipo H)	25
69 (1 Poste)	10
138 (1 Poste)	20
230 (Torre)	40
230 (Poste Acero o concreto Auto soportados)	20
230 (Torre celosía)	30
400	40

Fuente: Normas técnicas de diseño y operación de las instalaciones de distribución (NTDOD), 1999. Criterios generales de diseño y seguridad. Derechos de vías.

6.2.25 Localización de estructuras en los planos de perfil topográfico

Se refiere a la ubicación de las estructuras sobre los planos de planta, perfil y proyecto, reflejando los tipos y niveles de las mismas, indicando los puntos de enganche y trazando las catenarias de los cables a la temperatura de 50 grados centígrados considerando los libramientos mínimos especificados.

6.2.26 Determinación de patas de extensión en los perfiles en cruz

La obtención de los perfiles en cruz es una actividad simultánea a los trabajos de localización de estructuras en campo y sirve para determinar las patas de extensión necesarias para cada torre.

6.2.27 Amortiguadores

A continuación se detallaran los requerimientos mínimos que se deben de tomar en cuenta para elegir un amortiguador:

6.2.27.1 Líneas con un conductor por fase

<i>Claro Efectivo</i>	<i>No. de Amortiguadores Por Conductor</i>
0-350 metros	2 pzas.
351-650 metros	4 pzas.
651-1000 metros	6 pzas.

6.2.27.2 Líneas de más de un conductor por fase

<i>Claro Efectivo</i>	<i>No. de Amortiguadores Por Conductor</i>
0-350 metros	2 pzas.
351-650 metros	4 pzas.
651-1000 metros	6 pzas.

Deben ser instalados amortiguadores tipo **STOCKBRIDGE** y sus variantes con contrapesos metálicos de acuerdo con lo indicado en las especificaciones de los apéndices.

En el caso de dos o más conductores por fase, el Contratista puede incluir como sistema de amortiguamiento **Separadores Amortiguadores** que cumplan su doble función, debiendo de comprobar ampliamente la eficiencia y calidad de los mismos así como referencias de aplicación en instalaciones semejantes.

Para el caso del cable de guarda con fibras ópticas, se debe cumplir con las recomendaciones del fabricante del cable respecto al tipo, cantidad y ubicación de los amortiguadores que deben ser instalados.

6.2.28 Separadores

Para dos conductores por fase los separadores deben ser del tipo flexible para mantener los conductores de la misma fase a una distancia de 450 mm.

6.2.29 No se aceptan separadores rígidos

En el caso de dos o más conductores por fase, el Contratista puede incluir como sistema de amortiguamiento **Separadores Amortiguadores** que cumplan su doble función, debiendo de comprobar ampliamente la eficiencia y calidad de los mismos así como referencias de aplicación en instalaciones semejantes.

6.2.30 Señalización especial

Se refiere a todos los aspectos que deben ser considerados en el diseño con el objeto de tomar las medidas preventivas para proteger e identificar las instalaciones permanentes de ETCEE–INDE durante trabajos de inspección y mantenimiento, tráfico aéreo y terrestre, navegación, protección del medio ambiente e impacto visual y debe cumplir con las especificaciones indicadas en los lineamientos que posee el INDE.

6.2.31 Placas de señalización

En todas las torres se deben colocar dos placas de **“Aviso Preventivo, Peligro Alta Tensión”**, las cuales deben ser instaladas en las caras anterior y posterior perpendiculares al sentido de la línea en los elementos estructurales correspondientes al cuadro del cerramiento.

En todas las torres se deben colocar dos placas de **“Aviso Preventivo, Numero Para Inspección Aérea”**, las cuales deben ser instaladas en posición vertical, considerando una en la cara anterior y otra en la cara posterior de la estructura en el sentido de la trayectoria de la línea, debiendo fijarse en el elemento horizontal de la parte más alta de la estructura.

Para las torres cuyos diseños son suministrados por ETCEE–INDE, el Contratista debe verificar que las estructuras tengan previstos los barrenos necesarios y en caso de no tenerlos, realizarlos durante el proceso de fabricación en serie para el cumplimiento de lo indicado en este punto y evitar hacer barrenos en el sitio de la construcción.

En todos los postes troncocónicos se debe considerar la señalización de **“Aviso Preventivo, Peligro Alta Tensión”**, la cual debe ser pintada en la primera sección del poste.

6.2.32 Señalización de líneas de transmisión para tráfico aéreo y navegación

Se refiere a toda la señalización que debe considerarse en el diseño de la línea de transmisión, tanto en las estructuras como en los cables y debe cumplir con lo indicado en la especificación incluida en el Apéndice.

6.2.33 Consideraciones adicionales

La aplicación de la pintura de señalización se debe realizar en caras internas y externas de los elementos estructurales.

En estructuras de disposición vertical, el alcance de la señalización debe incluir cuerpo recto, crucetas de guarda y conductor.

Los colores de la pintura deben ser fondo color amarillo para tráfico letras color negro.

6.2.34 Restricciones del diseño electromecánico

Se refiere a las consideraciones especiales que deben ser tomadas en cuenta durante el desarrollo de las diferentes actividades del diseño.

Todas las estructuras de deflexión y remate deben estar localizadas de tal forma que la flecha de los cables conductores y cables de guarda a la temperatura diaria de trabajo, permita una recuperación mínima de 10 cm para poder liberar los conjuntos de tensión sin generar sobretensiones durante los trabajos de mantenimiento en las estructuras.

Dentro de la ingeniería de localización de estructuras el contratista debe revisar que las condiciones mecánicas (tiros ascendentes, tensiones desbalanceadas, etc.) a que puedan estar sometidas las torres durante la vida útil de la línea no superen las condiciones de diseño de las mismas.

Para la localización de estructuras, se debe considerar que las utilidades máximas admisibles son las indicadas en las características particulares del proyecto y en la relación de estructuras normalizadas.

Si se requiere ubicar estructuras con una utilización mayor a la manifestada en la relación de estructuras, el contratista debe entregar a ETCEE-INDE antes de iniciar la construcción, un análisis particular donde se demuestre que bajo las nuevas condiciones propuestas, no se exceden las cargas de diseño, y se cumple con las distancias eléctricas.

En todos los claros cortos con tensiones longitudinales desbalanceadas con respecto al claro adyacente, se debe colocar una estructura de remate.

En caso de presentarse desbalanceo entre claros adyacentes en un punto de inflexión, el contratista debe de revisar y ejecutar las adecuaciones a la estructura para esta condición.

Cuando la topografía del terreno obligue a localizar estructuras con diferencias de nivel, que provoquen tiros ascendentes, las torres deben ser revisadas estructuralmente y en su caso hacer las modificaciones necesarias para esta condición, y poner a consideración de ETCEE–INDE las propuestas de modificación.

En terrenos accidentados, si las características topográficas de la zona obligan a utilizar estructuras con claros medios horizontales y/o claros verticales mayores a los especificados en la relación de estructuras a utilizar en el diseño, el contratista debe justificar eléctrica y mecánicamente ante ETCEE–INDE su propuesta antes de iniciar la construcción.

Cuando exista una diferencia mayor del 70% entre los claros adyacentes a una estructura, esta se debe considerar de remate.

Cuando la distancia entre dos torres de tensión (deflexión ó remate) sea mayor de 6.5 Km. se debe considerar lo siguiente:

- | | |
|-------------------------|-----------------------------------|
| ▪ De 6.5 Km. a 13.5 Km. | Instalar una torre de remate. |
| ▪ De 14 Km. a 20.5 Km. | Instalar dos torres de remate. |
| ▪ De 21 Km. a 27.5 Km. | Instalar tres torres de remate. |
| ▪ De 28 Km. a 34.5 Km. | Instalar cuatro torres de remate. |
| ▪ De 35 Km. a 41.5 Km. | Instalar cinco torres de remate. |
| ▪ De 42 Km. a 48.5 Km. | Instalar seis torres de remate. |
| ▪ De 49 Km. a 55.5 Km. | Instalar siete torres de remate. |
| ▪ De 56 Km. a 62.5 Km. | Instalar ocho torres de remate. |
| ▪ De 63 Km. a 69.5 Km. | Instalar nueve torres de remate. |

Nota: Considerar una tolerancia de + 0.5 Km.

- a) Para el caso de líneas construidas con postes troncocónicos se deben ubicar postes intermedios de remate a cada 2 kilómetros.
- b) En caso de proyectos con postes que tengan crucetas aislador articuladas en el soporte, se deben colocar estructuras de remate cada 1000 metros.
- c) Las líneas de transmisión mayores de 150 kilómetros requieren de torres de transposición, éstas deben ser localizadas a $1/6, 1/2$ y $5/6$ de la longitud total de la línea y su ubicación se debe realizar sobre terreno plano, considerando la utilización señalada en la relación de estructuras normalizadas.
- d) No se deben instalar estructuras dentro del derecho de vía de carreteras, autopistas, vías férreas, canales y conos de aproximación de pistas aéreas. Con relación a la proximidad con ductos subterráneos.
- e) Para el cruzamiento de las líneas de transmisión con VIAS FÉRREAS Y AUTOPISTAS, deben proyectarse estructuras de remate en ambos lados del cruce. Cuando exista un punto de deflexión antes del cruzamiento, se debe considerar una estructura de deflexión en este sitio y una estructura de remate en el otro lado del cruce.
- f) En las llegadas y salidas de subestaciones, la distancia entre la primera estructura y el marco de la subestación debe estar comprendida entre 40 y 60 metros y los cables deben tener la tensión mínima necesaria para cumplir con los libramientos especificados. Cuando en el proyecto se requiera la ubicación de la estructura de remate a una distancia mayor o menor a la señalada anteriormente, el contratista debe presentar a la ETCEE–INDE la justificación técnica correspondiente, considerando lo siguiente:

- La limitación mecánica del marco de remate en la subestación.
- El cumplimiento de libramientos verticales y bajantes a equipo de línea en el tramo comprendido entre la torre de remate y el marco de la subestación.
- El cumplimiento de las distancias eléctricas en aire en el tramo comprendido entre la torre de remate y el marco de la subestación.

En los terrenos con pendientes transversales, debe preverse que no se produzcan acercamientos críticos de los cables conductores a los contraperfiles, cuando exista el balanceo producido por el viento máximo.

6.2.35 Planos de planta, perfil y proyecto de localización de estructuras

Los planos del proyecto de localización de estructuras deben contener como mínimo la siguiente información:

- Kilometraje del sitio donde han sido localizadas las estructuras.
- Número consecutivo de la estructura, iniciando con la primera estructura posterior al marco de la subestación.
- Tipo de estructura.
- Nivel de la estructura.
- Claro efectivo, claro medio horizontal y claro vertical.
- Esquemas a escala donde se muestren claramente los detalles de salidas y llegadas de las líneas.
- Esquemas a escala donde se muestren claramente los detalles del entronque señalando el tramo de las estructuras adyacentes al mismo.

6.2.36 Perfiles en cruz y determinación de patas de extensión en torres

El resultado obtenido con los perfiles en cruz debe incluirse en el formato de las hojas de distribución de estructuras.

6.2.37 Resumen de materiales de instalación permanente.

- Por tipo de estructura.
- Total para toda la línea.

6.2.38 Información digitalizada

El diseño deberá ser desarrollado a través de un software especializado, compatible con AUTOCAD, y toda la memoria descriptiva del Proyecto debe ser entregada en archivos electrónicos.

6.2.39 Planos

- Sistema de tierras.
- Sistema de distribución de amortiguamiento.
- Señalización especial.

6.2.40 Cálculo y dibujo de cruzamientos

Cuando la línea cruce con vías de ferrocarril, carreteras, canales y ríos navegables, etc., el Contratista debe desarrollar la información técnica necesaria para cumplir con los requisitos exigidos por las autoridades correspondientes.

6.2.41 Planos de conjuntos de herrajes

Se debe presentar el plano donde se muestre el arreglo de la disposición de los conjuntos de herrajes para cable conductor y cable de guarda con y sin fibras ópticas, incluyendo cadenas de aisladores. Adicionalmente se deben indicar las características de los materiales instalados.

6.2.42 Cálculo de flechas y tensiones

Como resultado de este análisis se debe obtener la información correspondiente a las diferentes condiciones de temperatura y viento que se pueden presentar en las zonas del proyecto, para cables conductores y cables de guarda con y sin fibra óptica.

6.2.43 Medición de resistividad y resistencia del terreno

Para el diseño del sistema de tierra se debe tomar medidas de resistividad y resistencia del terreno en cada estructura.

6.2.44 Memoria del cálculo del parámetro de diseño

Es la información en donde se muestra el análisis realizado para obtener el parámetro de diseño.

6.2.45 Plano de arreglo de transposiciones

En este plano se indica el arreglo de las transposiciones de las fases en las estructuras involucradas.

6.2.46 Revisión del diseño electromecánico

Para todos los documentos técnicos generados en las diferentes actividades el diseño se debe considerar lo siguiente:

- Los estudios técnicos de soporte, memorias de cálculo y planos generados durante las actividades de diseño por el contratista, deben estar revisados, verificados y validados por los responsables del mismo y estar sellados como “Aprobado Para Construcción”. La ETCEE–INDE se reserva el derecho de realizar a la información recibida una evaluación tan exhaustiva como lo considere necesario y emitir comentarios “Con Observaciones” o “Sin Observaciones”, lo cual no significa liberar en ningún caso al contratista de su responsabilidad en el cumplimiento de las condiciones contractuales.
- Es responsabilidad del contratista, la entrega de todos los documentos producto del diseño y cuya descripción se encuentra relacionada en el punto 8. Documentos De Salida Del Proyecto.
- Se debe entregar a la ETCEE–INDE tres (3) copias de la información antes señalada.

6.2.47 Formatos del diseño electromecánico

Este apartado nos servirá de guía para el diseño electromecánico de una línea de transmisión.

6.2.48 Perfiles en cruz

Este nos servirá a dar un mejor enfoque de cómo estará diseñada la línea de transmisión.

6.2.49 Hojas de distribución

Esta disposición ayudara a visualizar la distribución de los componentes de la línea de transmisión.

6.2.50 Plano para cruzamientos, para trámites ante DGC

Este plano sirve como referencia para cualquier trámite con respecto al cruzamiento en el diseño de la línea de transmisión.

6.2.51 Planos de planta, perfil y proyecto

Este plano determinara las vistas de cómo estará construida la línea de transmisión.

6.2.52 Desarrollo del proyecto civil

Este apartado nos sirve para tomar referencia del avance de la construcción de la línea de transmisión.

6.2.53 Estudios geotécnicos y pruebas de extracción de anclas

Se debe realizar un estudio geotécnico de la línea de transmisión, en caso de que se encuentre roca sana en la trayectoria de la línea y se decida utilizar cimentaciones ancladas en roca, previo al diseño de estas se deben realizar las pruebas de extracción de anclas.

6.2.54 Diseño de cimentaciones

El diseño de las cimentaciones debe cumplir con las especificaciones, se debe realizar una hoja de distribución de cimentaciones, similar a la hoja de distribución de estructuras.

6.2.55 Diseño de estructuras

El diseño de las estructuras de nuevo diseño debe apegarse a lo establecido en las especificaciones. En caso de que se empleen estructuras cuyos diseños sean proporcionados por ETCEE-INDE, el Contratista debe utilizarlas respetando el uso máximo para las cuales fueron diseñadas.

6.3 Especificaciones de construcción de líneas de transmisión

Estas especificaciones deberán cumplir con los siguientes requisitos:

6.3.1 Generalidades

El diseño, construcción o ampliación de líneas de transmisión deberán de cumplir con las siguientes especificaciones.

6.3.2 Campo de aplicación

Estas Especificaciones tienen por objeto establecer los requerimientos generales que debe satisfacer la construcción de las líneas de transmisión en 69, 138, 230 y 400 kV de la Empresa de Transporte y Control de Energía Eléctrica del INDE (ETCEE-INDE).

6.3.3 Normas de calidad

El Contratista debe respetar en la construcción, las siguientes especificaciones:

ACI	American Concrete Institute
ASTM	American Society for Testing and Materials
ASCE	American Society of Civil Engineers
ANSI	American National Standards Institute
NTDOID	Comisión Nacional de Energía Eléctrica
EDETCEE	Especificaciones de Diseño de la ETCEE-INDE

Recomendaciones. Ley Forestal del INAB.

Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente del MARN.

El Oferente incluirá en su evaluación el acatamiento de los criterios ecológicos establecidos en los EIA, para la selección y preparación de sitios y trayectoria, construcción, operación y mantenimiento de líneas de transmisión de energía eléctrica de potencia aprobados por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.

6.3.4 Definiciones

Para éstas Especificaciones aplican las siguientes definiciones:

6.3.4.1 Residencia de supervisión

Es la que representa directamente al CONTRATANTE ante el Contratista en asuntos relacionados con la ejecución de los trabajos, o derivados de ellos, en el lugar donde se ejecuta la obra y tiene a su cargo cuando menos:

- Elaborar y controlar la bitácora de la obra.
- Verificar que los trabajos se realicen conforme a lo pactado en el contrato.
- Revisar conjuntamente con el Contratista los trabajos ejecutados.
- Realizar informes periódicos mensuales y al finalizar el cumplimiento del Contratista en los aspectos legales, técnicos, económicos, financieros y administrativos.

6.3.4.2 Oferente

Es la persona natural, entidad privada o pública o cualquier combinación de ellas cuya oferta para ejecutar el contrato cumple con los requisitos técnicos y financieros solicitados en la Convocatoria de la Licitación y por consiguiente está calificada para participar en ésta.

6.3.4.3 Contratista

Es la persona física o moral que realiza las obras.

6.3.4.4 Kilómetro-línea

Esta unidad corresponde a un kilómetro de línea de transmisión medido en sentido horizontal, tomando en cuenta todos los componentes y cantidad de circuitos que intervienen.

6.3.4.5 Suministro

Son los equipos y materiales de instalación permanente.

A cargo del Contratista quedan las maniobras de carga y descarga, transportes desde el lugar de recepción hasta el sitio de la obra, almacenaje, custodia, reposición en caso de daño, pruebas de rutina, montaje y puesta en servicio de los mismos.

6.3.5 Obligaciones

Son los requisitos que deberán cumplir el contratista para el diseño, construcción o ampliación de líneas de transmisión.

6.3.5.1 En la preparación de la oferta

Para la determinación de los precios unitarios el Oferente utilizará para la mano de obra, como mínimo el salario mínimo establecido por el Gobierno de la república de Guatemala.

El Oferente debe conocer el lugar de la obra antes de calcular el precio unitario integrado y los conceptos en que se divide, teniendo cuidado en observar lo siguiente:

- La topografía del terreno.
- Condiciones climatológicas de la región.
- Sondeos realizados para definir el tipo de material existente y que determinará el diseño y construcción de los diversos tipos de cimentaciones.

Las conclusiones que obtenga de la observación de estos sondeos, son de su única y absoluta responsabilidad.

- Los niveles freáticos.
- Costo de los materiales y equipo que empleará para la construcción.
- Vías de comunicación y servicios existentes, así como problemática relativa a asentamientos irregulares y crecimiento urbano constante.
- Flora y fauna existente.
- Costos de daños que pueda ocasionar en las propiedades en la franja de servidumbre de la línea de transmisión a construir.
- Costo de los caminos de acceso hacia los lugares de ubicación de las estructuras si fuera necesario construirlos.

El Oferente considerará al elaborar su oferta que los cruzamientos con otras líneas de transmisión y de distribución de energía eléctrica se efectuarán con **línea energizada (en vivo)**.

Solo en casos especiales y bajo previa revisión y autorización podrán efectuarse libranzas con líneas desenergizadas.

6.3.6 En la ejecución de los trabajos

El Contratista ejecutará la obra de acuerdo con lo estipulado en estas Especificaciones en el plazo establecido, ajustándose al programa de trabajo que forma parte del contrato.

La construcción de la obra se llevará a cabo siguiendo las instrucciones del proyecto y respetando lo indicado en los planos que lo conforman. El Contratista está obligado a tener una copia permanente de los planos del proyecto en la obra.

Para los cruzamientos con vías de comunicación y cultivos, el Contratista debe prever las maniobras de tal modo que no se interrumpan los servicios o se propicien accidentes.

El Contratista instalará en forma provisional, bodegas, campamentos, oficinas, etc. y es el responsable ante las autoridades y terceros del incumplimiento de las disposiciones estatales, municipales, instituciones como MARN, DGC e INAB, así como de los daños que su personal cause a terceros.

El Contratista proporcionará todos los elementos y materiales de construcción y de consumo que sean necesarios para ejecutar la obra, incluyendo su transporte, almacenaje y movimientos locales hasta la obra. El Contratista suministrará los materiales de instalación permanente que se especifican en los Formularios correspondientes.

El Contratista cumplirá con las observaciones y recomendaciones que el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales emite en su resolución aprobatoria del EIA y en general durante la construcción tiene la obligación de minimizar las posibles afectaciones al ecosistema.

El CONTRATANTE exigirá en cualquier momento la presentación de los certificados de calidad de los materiales de construcción y consumo y es obligación del Contratista tenerlos disponibles en la Obra.

El CONTRATANTE podrá verificar, si así lo decide, los trazos, niveles y estacados necesarios para la ejecución de los trabajos.

Cuando sea necesario efectuar cruzamientos con vías de comunicación, el Contratista tramitará ante la DGC la autorización correspondiente e informará por escrito con **30 días de anticipación** la fecha programada para realizar dicho cruzamiento.

Para la ejecución de la brecha, cuando sea necesario hacer tala de árboles o poda es responsabilidad del contratista conseguir las autorizaciones del INAB y de las Municipalidades correspondientes, los cuales serán de absoluta responsabilidad del contratista, el CONTRATANTE no tiene responsabilidad en la tardía obtención de las licencias para efectuar las talas o podas y no aceptara sobrecostos y variaciones en el plazo de ejecución que pretendan justificarse en el retraso en la obtención de estos permisos.

Una vez terminada la construcción de la obra, se efectuará una revisión final haciendo pruebas de conductividad y aislamiento; aplicando los lineamientos establecidos en el Manual de Puesta en Servicio para Líneas de Transmisión, el Contratista está obligado a efectuar las reparaciones o modificaciones que se requieran.

Es obligación del Contratista, al terminar los trabajos de construcción elaborar y entregar al CONTRATANTE la siguiente documentación de la Obra ejecutada:

- Un juego completo de planos topográficos del proyecto con la información de la ubicación final y de las estructuras, tal como quedó construida la línea de transmisión.
- Las hojas de distribución de estructuras del proyecto debidamente llenadas, con toda la información relevante para el proyecto incluyendo las distancias de los vanos y la longitud final de la línea de transmisión.
- La lista general de materiales y equipos instalados finalmente en la línea de transmisión.
- Dibujos de los conjuntos de herrajes de suspensión y tensión para cable conductor, cable de guarda y fibra óptica.
- Dibujos del sistema de tierra.

Toda esta documentación deberá de ser proporcionada en dispositivos de almacenamiento magnético.

Permisos especiales para la construcción, tales como el de uso de explosivos son de la absoluta responsabilidad del Contratista.

El CONTRATANTE no tiene responsabilidad en la tardía obtención o rechazo de estos y no aceptará sobrecostos y variaciones en el plazo de ejecución que pretendan justificarse en el retraso en la obtención de estos permisos.

6.3.7 Trabajos preliminares al inicio de la construcción

Aquí se incluyen todas las actividades necesarias para preparar el terreno para la construcción, estas actividades son:

6.3.7.1 Levantamiento topográfico y localización de estructuras

Este apartado deberá cumplir con las siguientes especificaciones:

6.3.7.1.1 Descripción

- El levantamiento topográfico es la actividad que debe desarrollar la Contratista para graficar la planta y el perfil del eje de la línea, considerando cualquier elemento que se encuentre dentro de una franja de 50 m. a cada lado del eje del trazo, tomando como base el trazo proporcionado por el CONTRATANTE.
- La localización de estructuras consiste en ubicar en el terreno por medio del señalamiento adecuado (mojoneras) los sitios en que deberán instalarse las estructuras, de acuerdo con lo indicado en el proyecto.

En el caso de que al efectuar esta actividad, el Contratista detecte que el sitio predeterminado para ubicar alguna estructura no es el adecuado por una situación particular que pudiera afectar su estabilidad lo deberá reportar de inmediato.

6.3.7.1.2 Ejecución

El Contratista localizará en el campo los lugares de instalación de las estructuras, y colocará los mojones correspondiente en el centro; éstos debe tener claramente indicado con pintura indeleble el número y tipo de la estructura. Adicionalmente verificará los puntos sobresalientes del levantamiento topográfico y laderas existentes, así como los cruces con vías de comunicación y construcciones en general.

A partir del centro de cada estructura, el Contratista efectuará los levantamientos topográficos en diagonal que se utilizarán para determinar las extensiones que se instalarán en cada pata de la estructura y para determinar los ejes de las excavaciones.

6.3.7.1.3 Tolerancias

En la localización de estructuras en tangentes, se admitirá una tolerancia de ± 1 m sobre el eje de la línea y ± 10 mm perpendiculares respecto a dicho eje, manteniendo siempre la trayectoria original.

En estructuras con deflexión no se admitirá tolerancia.

6.3.7.1.4 Medición

Se medirá tomando como unidad el Kilometro-Línea. Cuando por requerimientos del proyecto o situaciones particulares detectadas durante el desarrollo de estos trabajos sea necesario cambiar el lugar de localización de alguna estructura, los trabajos necesarios los desarrollará el Contratista.

6.3.7.1.5 Ítems incluidos en el precio unitario:

- Desrame y corte o brecha topográfica.
- Levantamiento topográfico y localización de estructuras.
- Instalación de mojones y mantenimiento de los mismos durante la construcción.
- Obtención de los levantamientos topográficos en diagonal, necesarios para determinar extensiones y centros de excavación.
- Relocalización de estructuras cuando las necesidades del proyecto así lo determinen para mejorar la confiabilidad de la línea.

6.3.8 Apertura de brecha

A continuación encontraremos los aspectos generales para tomar en cuenta en la apertura de brecha.

6.3.8.1 Descripción

Se entenderá por apertura de brecha, al desmonte de una franja de terreno a todo lo largo de la línea, cuyo centro coincidirá con el trazo topográfico.

La brecha tiene como objetivos esenciales:

- Proteger las estructuras y conductores contra la caída de árboles o ramas que puedan ocasionar daños o fallas en la línea.
- Permitir las maniobras de construcción durante el desarrollo de los trabajos.

- Servir para la habilitación de caminos a lo largo de la línea, para el transporte de personal, materiales y equipos; así como para el tendido y tensionado de cables conductores y de guarda.

6.3.8.2 Disposiciones

Previo a la apertura de la brecha, se deberán seleccionar métodos y procesos de construcción que aseguren el menor daño a los Ecosistemas. En todos los casos el Contratista respetará sin desviaciones los señalamientos hechos por el MARN en la resolución aprobatoria del EIA.

Los daños ocasionados durante la ejecución de la brecha a árboles, cercos, propiedades, etc., correrán por cuenta del contratista el CONTRATANTE no tendrá responsabilidad ni reconocerá ningún costo por los daños ocasionados por el contratista durante la construcción y ejecución de la brecha dentro del Derecho de Vía o fuera de el.

Las características de la brecha serán fijadas de acuerdo a las especificaciones de Diseño incluidas en el Capítulo anterior y siempre se tendrá en cuenta la protección de los ecosistemas. En términos generales se ejecutará la brecha mínima indispensable para permitir los trabajos de construcción, mantenimiento y operación segura de la línea.

6.3.8.3 Ejecución

El Contratista ejecutará la Brecha observando estrictamente lo indicado a continuación:

- En la apertura de la brecha, deberá procurarse el uso de herramientas manuales o mecánicas.
- El uso de productos químicos o fuego queda estrictamente prohibido.
- El área a desmontar en el sitio de estructuras será de **30 x 30 m** como máximo.
- El Contratista, al momento de efectuar el desrame y corte o brecha topográfica evitará daños a la flora presente en la zona y que se encuentren catalogadas como especies protegidas y sujetas a protección especial por el MARN e INAB.
- El Contratista debe conservar los mojones colocados, reponiéndolos en caso de daños y pérdidas.
- El Contratista efectuará el trazo de la brecha de acuerdo con el ancho especificado y señalamientos indicados por el INAB.
- El Contratista podrá hacer el desrame y corte a mano o empleando maquinaria manual; al producto resultante se le dará el tratamiento que indique el INAB.
- El desrame y corte se efectuará únicamente en las áreas indicadas y se respetarán los señalamientos indicados por el INAB.
- El uso de maquinaria se limitará solamente al desrame y corte en el área de las estructuras y para retirar el producto del propio desrame y corte en caso de requerirse.
- Deben preverse los libramientos necesarios para evitar daños en cultivos.
- Es responsabilidad del contratista los daños y perjuicios que se ocasionen por su negligencia en la apertura de la brecha.
- El contratista efectuará la apertura de cercas y la colocación de puertas que permitan el paso de vehículos para lo cual es su responsabilidad negociar el permiso correspondiente con los propietarios de los terrenos.

- El Contratista está obligado a conservar la brecha hasta la recepción final de la obra.

6.3.8.4 Tolerancias

El ancho de la brecha a cada lado del eje de la línea de transmisión, no deberá excederse en más o menos 0,50 m del ancho técnico fijado.

6.3.8.5 Ítems incluidos en el precio unitario

La unidad medición que se empleará es el Kilometro-Línea y el Oferente debe considerar todas las actividades que desarrollará y los costos en que incurrirá al calcular sus precios unitarios. Los conceptos incluidos en este capítulo son:

- Trazo de la brecha.
- Desrame y corte a mano o con herramienta manual.
- Remoción o entrega de los productos del desrame y corte.
- Corte de los árboles altos fuera de la brecha, incluyendo cualquier maniobra de remoción. En cada caso se respetarán los señalamientos indicados por el INAB.
- El pago de los árboles y cultivos talados o dañados durante la ejecución de la brecha y construcción de la línea de transmisión serán por cuenta del contratista. El oferente deberá determinar en base a sus observaciones de campo y experiencia las cantidades que deberá considerar en su oferta.
- Reparación o pagos de daños ocasionados a terceros, imputables al contratista.

- Conservación de la brecha hasta la puesta en servicio de la línea de transmisión.
- Programa de rescate y manejo de flora en peligro de extinción afectada, en base a indicaciones del INAB.

6.3.9 Caminos de acceso

Dentro de este apartado, detallaremos los requisitos mínimos para los caminos de acceso.

6.3.9.1 Descripción

Se entiende por caminos de acceso a la ejecución de los trabajos que se requieren para garantizar la seguridad en el transporte del personal, material y equipo necesario para ejecutar la construcción de la línea y deben construirse en la forma más económica con terracerías o con los espesores mínimos necesarios de cortes o terraplenes.

Los permisos necesarios para la construcción de los caminos nuevos o reparación de los existentes que estén fuera del derecho de vía, serán por cuenta del Contratista, el cual será responsable de los daños que ocasione durante la construcción, reparación y uso de estos.

6.3.9.2 Ejecución

Los caminos de acceso deben construirse en la forma mas económica posible, pero considerando que deben estar en condiciones de utilización durante todo el tiempo que dure la construcción del proyecto.

Deben ser construidos dentro del ancho de brecha indicado y deben tener un ancho mínimo de corona de 3 m. La construcción de sistemas de drenaje, cunetas, contracunetas y cualquier trabajo adicional que se requiera debe ser considerado en el precio unitario.

Si se causan daños adicionales a los previstos en la trayectoria, los mismos serán de la responsabilidad del Contratista, así como los daños que ocasione el dejar abiertas las puertas y cercas de los terrenos que se atraviesen durante la construcción de la obra.

Es obligación del Contratista evitar que los materiales de deshecho producto de la construcción de los caminos de acceso y las capas vegetales adyacente sean arrasados por la erosión o que altere al ecosistema como consecuencia de esta actividad, por lo que deberá incluir en su precio unitario las actividades y trabajos necesarios que la prevengan.

El Contratista debe mantener en buen estado los caminos que utilice durante la construcción.

Previo a la construcción de los caminos de acceso se deberán seleccionar los métodos y procesos de construcción que aseguren el menor daño posible a los ecosistemas.

6.3.9.3 Medición

La unidad de medida es el Kilometro-Línea.

6.3.9.4 Ítems incluidos en los precios unitarios

Durante la visita a la obra, el Oferente observará la cantidad de caminos que construirá dentro y fuera de la trayectoria de la línea, evaluará cada caso y obtendrá un solo precio unitario integrado, que será el resultado de dividir la suma de los costos de todos esos caminos, entre la longitud total de la línea.

El Oferente debe considerar todas las actividades que desarrollará y los costos en que incurrirá al calcular sus precios unitarios.

Se estimará por unidad de obra terminada incluyendo los cargos y operaciones siguientes:

- Localización y Trazo.
- Desrame y corte.
- Construcción de caminos de acceso dentro y fuera de la trayectoria de la línea, incluyendo cunetas, contracunetas y obras de arte, si se requieren.
- Mantenimiento y conservación de los caminos.
- Apertura y cierre de cercas en los terrenos que se atraviesen y reconstrucción de las mismas.
- Reparación de daños causados durante la construcción.

6.3.10 Cimentaciones

En esta especificación se considera que las cimentaciones de todas las estructuras son empotradas en concreto y de acuerdo con las características del terreno y lo indicado en el proyecto pueden ser de los siguientes tipos:

- Zapatas aisladas
- Pilas
- Ancladas en roca
- Pilotes
- Especiales

En este concepto quedan incluidas todas las actividades necesarias para construir las cimentaciones de las estructuras y son las siguientes:

- Trazo de la ubicación de cimentaciones.
- Excavaciones o perforaciones en cualquier tipo de terreno.
- Anclajes para cimentaciones en roca.
- Acero de refuerzo.
- Elaboración e instalación de formaletas, incluyendo los materiales necesarios.
- Concreto en cimentaciones.
- Relleno y compactación.
- Instalación de sistemas de tierras.
- Suministro e hincado de pilotes.

El oferente debe considerar las actividades que desarrollará y los costos en que incurrirá al calcular los precios unitarios integrados de su oferta. La unidad de medida es el kilometro-línea.

6.3.11 Trazo de la ubicación de cimentaciones

Esta actividad consiste en localizar y marcar en el terreno las zonas de excavación, perforación o barrenación para la construcción de las cimentaciones del proyecto.

Para la ubicación de las excavaciones, se debe considerar que el eje transversal de la estructura es normal al eje de la línea en tangente y cuando sea el caso de deflexión, deberá coincidir con la bisectriz del ángulo de deflexión.

Es responsabilidad del contratista que los trazos, líneas, niveles y estacas estén adecuadamente colocados. En el caso de que alguno de estos elementos no se encuentre, su relocalización y reposición será por cuenta del contratista.

6.3.12 Excavación

Dentro de este apartado, detallaremos los pasos a seguir para las excavaciones en el diseño de líneas de transmisión.

6.3.12.1 Descripción

Las excavaciones, son las que se efectúan para alojar y desplantar las cimentaciones de las estructuras.

El Oferente deberá determinar en base a sus observaciones de campo y experiencia las cantidades y tipos de los materiales que deberá considerar en su oferta. También debe determinar los procedimientos de excavación y perforación que utilizará para lograr una ejecución eficiente de los trabajos, tomando siempre en cuenta las recomendaciones contenidas en la **Resolución Aprobatoria del MARN**, así como los equipos que empleará según los tipos de cimentaciones que requiera el proyecto.

Cuando para ejecutar las excavaciones se requieran explosivos y/o bombeo, el Contratista suministrará los materiales, equipos y mano de obra necesarios.

Cuando se autorice el uso de explosivos para ejecutar las excavaciones, su uso estará condicionado a evitar el fracturamiento y alteración del terreno natural, más allá de la sección teórica fijada. Su uso y método de empleo deberá someterse a la aprobación del CONTRATANTE.

En los casos en que se haga necesario el uso de explosivos, deberá el Contratista tomar las precauciones necesarias para la protección del público, de los trabajadores, de las obras mismas y de las propiedades públicas y privadas. Cualquier daño ocasionado por el uso de explosivos será de la responsabilidad del contratista.

Los permisos para la obtención de explosivos serán tramitados por el contratista ante el Ministerio de la defensa sin que el CONTRATANTE tenga ninguna responsabilidad en el proceso de obtención, por lo que no reconocerá como justificante de retraso en la ejecución del proyecto o costos adicionales la tardía obtención de los permisos.

El contratista tomará las medidas necesarias para evitar que las excavaciones puedan originar daños a personas, animales y vehículos; cubriéndolos y poniéndoles señales adecuadas.

Cuando se construya sobre laderas, la profundidad de desplante de la cimentación se medirá partir de la parte inferior del desnivel.

Para el caso de laderas y en zonas muy lluviosas, debe preverse la construcción de drenajes superficiales para encauzar el agua hacia sitios donde no afecte la erosión a la estructura.

Cuando se diseñen muros de retención, debe dotárseles de subdrenaje con materiales filtrantes para evitar presiones hidrostáticas o hidrodinámicas que afecten su estabilidad. Las dimensiones de los filtros y las características granulométricas de los materiales que los constituyan deben ser adecuadas para garantizar la rápida eliminación del agua, sin el arrastre de material.

El fondo y las paredes de las excavaciones deberán quedar formando una superficie limpia de material suelto y/o inestable.

Durante el proceso de excavación, el material producto de la misma se podrá depositar alrededor, dejando cuando menos un metro libre entre los límites de la excavación y el pie del talud del material extraído, con el fin de evitar derrumbes del material al interior de la excavación.

6.3.12.2 Tolerancias

Se admitirá una tolerancia de **10 mm** en las dimensiones laterales del trazo de la ubicación de las cimentaciones para facilitar los trabajos de nivelación y alineación.

En caso de que la profundidad de la excavación sobrepase a la indicada, se deberá rellenar hasta el nivel teórico, garantizando un apoyo seguro para la cimentación de la estructura.

Para dar por terminada la excavación se verificarán trazos, niveles y acabados.

El costo de excavación forma parte del concepto CIMENTACIÓN el Oferente debe hacer las consideraciones necesarias al preparar su oferta.

6.3.13 Acero de refuerzo para concreto

Está constituido por las varillas de acero corrugado que quedarán ahogadas en el concreto después del colado y que ayudarán a éste a soportar los esfuerzos.

Para el suministro, manejo y aplicación del acero de refuerzo en la construcción de las cimentaciones se deberá cumplir con el Reglamento de la Construcción del Concreto Reforzado (ACI 318).

6.3.14 Concreto en cimentaciones

En el siguiente inciso se detalla los requisitos que deberá tener el concreto a utilizar en las cimentaciones.

6.3.14.1 Descripción

Es la mezcla de materiales pétreos inertes, cemento, agua y aditivos que se especifiquen en las proporciones adecuadas que al endurecerse adquieren la resistencia mecánica, durabilidad y características requeridas para la construcción de los cimientos de las estructuras. El concreto para las cimentaciones deben fabricarse y colocarse cumpliendo estrictamente con lo indicado en las Especificaciones ACI.

El control de calidad de la fabricación de concretos será responsabilidad del Contratista y en todo momento puede ser verificado por el CONTRATANTE, para lo cual se tomarán las muestras necesarias.

6.3.14.2 Tolerancias

Las tolerancias serán como se indican a continuación:

- Variación de dimensiones de cimientos en planta: 13 mm.
- Variación de desplazamiento o excentricidad en cualquier dirección: 40 mm.
- Variación de espesor 5% del indicado.
- Excentricidad en la base de columnas, vigas, muros y losas: 2 mm.
- En el caso de cimientos para estructuras metálicas con retenidas se admitirá una tolerancia de: 5 mm entre centro de anclas y 10 mm de desnivel entre columnas.

6.3.15 Relleno y compactado

En el siguiente inciso se detalla los requisitos que deberá tener el relleno y compactado cuando existen excavaciones.

6.3.15.1 Descripción

Corresponde al material que se coloca en las cimentaciones excavadas para alojar a los cimientos de las estructuras, después de que se haya revisado y aceptado.

6.3.15.2 Ejecución

Se procederá a efectuar los rellenos utilizando de preferencia el producto extraído de las excavaciones, siempre y cuando el material sea apropiado en caso contrario será necesario utilizar material producto de bancos de préstamos.

Ya sea que se utilice material producto de la excavación o de banco, éste deberá estar exento de partículas mayores de 75 mm, así como de materia orgánica (raíces y material vegetal).

El material se colocará en capas de **15 cm** de espesor para el caso de suelos cohesivos (arcillosos), cada capa se humedecerá hasta su contenido de humedad óptimo, se compactará mecánicamente (bailarina) si los suelos son granulares (arenosos), se empleará en su compactación un sistema vibratorio.

La compactación deberá llevarse al 95 % del peso volumétrico seco máximo del material de que se trate. Para los suelos cohesivos, el peso volumétrico seco máximo quedará referido a la prueba proctor (energía de compactación = 7 Kg.-cm/cm³); para los suelos granulares, al peso volumétrico seco máximo obtenido de pruebas de compactación relativa efectuados por vía húmeda de acuerdo a la norma ASTM D-2049.

El contratista realizará las pruebas de compactación necesarias para garantizar la calidad del trabajo. El CONTRATANTE se reserva el derecho de efectuar las revisiones necesarias a los resultados de las pruebas.

6.3.15.3 Medición

El costo de relleno y compactado forma parte del concepto "CIMENTACIÓN". El Oferente debe hacer las consideraciones necesarias al preparar su oferta. no se aceptará cargos desglosados o extraordinarios imputables al Contratista por este concepto.

6.3.16 Sistema de tierras

En el siguiente inciso se detalla los requisitos que deberá tener el sistema de tierras de las líneas de transmisión.

6.3.16.1 Descripción

El sistema de tierras para líneas de transmisión consiste en la instalación de contrantenas a base de alambre o cable según se indique en el proyecto, las cuales estarán conectadas a las estructuras con los conectores tipo fundido apropiados.

Cuando con la instalación de contrantenas no se logre la resistencia a tierra marcada por el proyecto se colocara varillas copperweld de 16 mm de diámetro por 3 m de longitud en forma vertical conectadas a las terminales de las contrantenas. En casos extremos se recurrirá al empleo de rellenos especiales en el suelo para lograr el objetivo.

6.3.16.2 Ejecución

En el siguiente inciso se detalla los requisitos que deberá tener cumplir para la ejecución del sistema de tierras.

6.3.16.2.1 Puesta a tierra de circuitos y estructuras



En el siguiente inciso se detalla los requisitos que deberá tener la puesta a tierra en las estructuras.

6.3.16.2.1.1 Tierras

Se deben colocar bajadas a tierra aproximadamente a cada 300 metros a todo lo largo de la longitud de la línea, o una tierra en cada estructura, pudiéndose utilizar como electrodos de tierra varillas Copperweld de 10' – 1".

6.3.16.2.1.2 Resistividad de la tierra

Una resistividad del terreno apropiada, se establece como sigue:

Resistividad máxima		10 Ω en Verano
		6 Ω en Invierno

- Las estructuras de las líneas de transmisión de alta tensión deberán conectarse a tierra de un modo eficaz, teniendo en cuenta las condiciones siguientes:
- La magnitud de la caída de tensión en la toma de tierra durante las descargas.
- La probabilidad de contactos con las personas.
- La probabilidad de fallo del aislamiento.
- Todas las estructuras de concreto así como las de metal y de madera, deberán conectarse a tierra mediante una conexión específica, cuando formen puente conductor entre los puntos de fijación de los herrajes de los diversos aisladores.

- La puesta a tierra de las estructuras de concreto, puede efectuarse de las dos formas siguientes:
 - I. Conectando a tierra directamente los herrajes a los que estén fijados los aisladores, mediante un conductor de conexión.
 - II. Conectando a tierra la estructura de concreto, siempre que los herrajes reúnan las condiciones apropiadas que se exigen para los conductores de conexión a tierra.

Los conductores de conexión a tierra podrán ser de cualquier material metálico que reúna las condiciones exigidas para los conductores. Deben tener una sección tal que puedan soportar sin calentamiento peligroso la máxima corriente de descarga a tierra prevista, durante un tiempo doble al de accionamiento de las protecciones de la línea.

6.3.16.2.1.3 Conductor neutral

Todos los conductores utilizados como neutral en circuitos primarios, secundarios y líneas de servicio deben estar efectivamente conectados a tierra. Esto no aplica para aquellos circuitos diseñados para dispositivos de detección de fallas a tierra y con impedancia limitadora de corriente.

6.3.16.2.1.4 Partes no portadoras de corriente

Las estructuras metálicas, incluyendo postes de alumbrado; las canalizaciones metálicas; los marcos, carcasas y soportes del equipo de líneas aéreas; las cubiertas metálicas de los cables aislados; las palancas metálicas para operación de equipo, así como cables mensajeros, estarán efectivamente conectados a tierra de tal manera que durante su operación no ofrezcan peligro a las personas. Puede omitirse esta puesta a tierra en casos especiales, cuando así lo requiera la operación del equipo, siempre que existan protectores o tengan otra clase de aislamiento que impidan el contacto de personas o animales con dichas partes metálicas, o bien cuando éstas quedan fuera de su alcance, a una altura mayor de 2.5 m.

Con base en la ingeniería del sistema de tierras se instalarán las contrantenas de la longitud necesaria en cada Estructura, así como las varillas y en su caso los rellenos de baja resistencia necesarios.

Para la instalación de los sistemas de tierras se tomarán en cuenta las siguientes instrucciones:

La instalación del alambre o cable indicado en el proyecto debe hacerse a **una profundidad de 1,50 m en terreno cultivable y 0,80 m. en terreno no cultivable**; procurando que su trayectoria se localice en terreno de baja resistencia.

El relleno, de preferencia se hará con el producto de la excavación, a menos que por sus características eléctricas, sea necesario sustituirlo por material de las características adecuadas para garantizar una buena conexión a tierra

Cuando sea necesario el uso de varillas, éstas deberán colocarse en forma vertical.

Cuando las varillas al ser hincadas, no alcancen la profundidad necesaria por encontrarse en terreno duro o semiduro, se podrán sacar e intentar su colocación en sus inmediaciones (30 a 50 cm), y/o ejecutar una barrenación de 2,5 cm de diámetro por 3 m de longitud, rellenando los huecos con el producto adecuado que marque el proyecto.

6.3.16.3 Medición

El costo de instalación del sistema de tierras forma parte del concepto "CIMENTACIÓN". El Oferente debe hacer las consideraciones necesarias al preparar su oferta. No se aceptará cargos desglosados o extraordinarios imputables al Contratista por este renglón.

6.3.17 Montaje de estructuras

A continuación se detallara la forma en que se deberá montar las estructuras en líneas de transmisión.

6.3.17.1 Armado de estructuras

A continuación se detallara la forma en que se deberá armar las estructuras en líneas de transmisión.

6.3.17.1.1 Descripción

Las actividades incluidas en este renglón son las necesarias para armar e instalar las estructuras, en los sitios fijados por el proyecto, y dejarlas preparadas para el tendido y tensionado de los cables, estas actividades son las siguientes:

- Prearmado de estructuras.
- Montaje de estructuras.
- Revisión de las estructuras montadas.

El Oferente al elaborar la oferta debe considerar todas las actividades que desarrollará y los costos en que incurrirá al calcular sus precios unitarios integrados.

6.3.17.1.2 Ejecución

El Contratista es responsable del manejo de las estructuras desde su carga o embarque en los puntos de entrega, su transporte, descarga y almacenamiento, movimiento hasta los sitios de instalación y montaje.

El Contratista armará y montará todos los miembros que comprenden la estructura de acuerdo con los planos, utilizando el método constructivo que garantice que no se dañen las partes.

Una vez nivelada la base y ejecutado el relleno y compactado de las cimentaciones, se podrá continuar con el armado de los cuerpos superiores.

En el proceso de armado y el montaje de la estructura no se permite la colocación de elementos forzados.

El Contratista debe contar con el equipo y accesorios necesarios para efectuar los trabajos, de tal manera que estos se ejecuten de acuerdo al programa de trabajo.

6.3.17.2 Tipo de estructuras

Los conductores de la línea se fijarán mediante aisladores y los cables de tierra de modo directo a las estructuras. Estas estructuras podrán ser de metal, concreto, o madera, de material homogéneo o combinación de los materiales citados anteriormente.

Los materiales empleados deberán presentar una resistencia elevada a la acción de los agentes atmosféricos y en el caso de no presentarla por si mismos, deberán recibir los tratamientos protectores adecuados para tal fin.

Se deberá tener en cuenta en su diseño constructivo, la accesibilidad a todas sus partes por el personal autorizado, se deberá evitar la existencia de cavidades sin drenajes en las que pueda acumularse el agua.

6.3.17.2.1 Clasificación

Atendiendo a su función en la línea, las estructuras se clasifican en:

6.3.17.2.1.1 Suspensión

Que sirven solamente para sostener los conductores y cables de tierra, debiendo emplearse únicamente en alineaciones rectas.

6.3.17.2.1.2 Angulo

Utilizadas para sostener los conductores y cables de tierra en los puntos de inflexión o vértices de los ángulos que forman dos alineaciones.

6.3.17.2.1.3 Anclaje

Que proporcionan puntos firmes en la línea que limiten la propagación en la misma de esfuerzos longitudinales de carácter excepcional, que puedan producir el colapso de ellas, (efecto dominó). Se recomienda colocar estas a cada 2,500 a 3,500 metros.

6.3.17.2.1.4 Remate

Estas deben resistir en sentido longitudinal de la línea, el esfuerzo de todos los conductores y cables de tierra.

6.3.17.2.1.5 Retenidas

Estas deberán ser varillas o cables metálicos que en el caso de ser de acero, deberán estar galvanizados en caliente.

No se deben utilizar retenidas cuya carga de ruptura sea inferior a 1,750 kgs., ni cables formados por alambres de menos de 2 mm., de diámetro.

En la parte enterrada en el suelo se recomienda emplear varillas galvanizadas de no menos de 12 mm., de diámetro.

No se debe fijar las retenidas a los soportes de los aisladores o a los herrajes de las cadenas de aisladores.

Las retenidas deben estar provistas de mordazas o conectores adecuados para poder regular su tensión, sin recurrir a la torsión de los alambres.

Si la retenida no estuviese conectada a tierra a través de la estructura o directamente, deberán colocarse aisladores que deberán dimensionarse eléctrica y mecánicamente de forma análoga a los aisladores de la línea. Estos aisladores estarán a una distancia mínima de $V/75$ metros del conductor más próximo, estando éste en la posición que proporcione la distancia mínima al aislador, siendo V la tensión nominal en KV de dicho conductor más próximo. Los aisladores no se deberán situar a una distancia inferior a 3 metros del suelo.

En los lugares frecuentados, las retenidas deberán estar convenientemente protegidas hasta una altura de dos metros sobre el terreno.

6.3.17.3 Numeración y aviso de peligro

En cada estructura se debe marcar el número que le corresponda, de acuerdo con el criterio de comienzo y fin de línea que se adopte, de tal manera que los números sean legibles desde el suelo. También se debe colocar indicaciones de existencia de peligro en todas las estructuras, especialmente para todas las estructuras localizadas en áreas concurridas.

6.3.17.4 Protección de partes empotradas

Las partes empotradas de postes y estructuras de acero, deberán protegerse contra la corrosión mediante alguna cubierta o protección adecuada que cubra al poste o estructura por lo menos 50 cms arriba y abajo del nivel del suelo.

6.3.17.5 Tolerancias

A continuación se detallara las tolerancias permitidas dentro del diseño de líneas de transmisión.

6.3.17.5.1 Para estructuras autosoportadas

- Tolerancia en alineamiento del eje: 10 mm.
- Tolerancia admitida en la distancia de los vértices del primer cerramiento al eje de la línea en torre de suspensión: 0,5% de la distancia del proyecto.
- Tolerancia admitida en la distancia de los vértices del primer cerramiento a la bisectriz en torre de ángulo: 0.5% de la distancia del proyecto.
- Tolerancia en horizontalidad: desviación máxima 5 mm.
- En el armado y nivelado del cerramiento (Bottom-Panel) se permitirá una tolerancia máxima de desnivel de 5 mm.

6.3.17.6 Ítems incluidos en el precio unitario

- Comprenderán los cargos y operaciones siguientes: El transporte, recepción, carga, acarreos y maniobras auxiliares para almacenar las diversas piezas metálicas, garantizando que no sufran deterioros por deformación u oxidación; la verificación de todos los elementos estructurales necesarios, así como el registro de las piezas, identificándolas por medio de marbetes.
- Las maniobras de acarreos de piezas hasta el sitio de su instalación.
- El prearmado de las partes de las estructuras, la movilización y presentación de las piezas de la misma hasta su instalación definitiva, incluyendo la nivelación de la base y la fijación total de la estructura.
- Cualquier otra operación necesaria para que la estructura quede totalmente instalada y armada.
- Los movimientos de acarreo e instalación de elementos faltantes de la estructura detectados en la revisión.

6.3.17.7 Medición

Se medirá por Kilometro-Línea, considerando la longitud de la línea en proyección horizontal.

6.3.18 Vestido de estructuras

A continuación se detallara la forma en que se deberán colocar los herrajes en líneas de transmisión.

6.3.18.1 Descripción

El vestido de estructuras consiste en colocar en los lugares respectivos los herrajes, aisladores y accesorios en general; incluyendo las placas de aviso de peligro y numeración de estructuras de acuerdo con lo indicado en los planos del proyecto, estas actividades son las siguientes:

- Instalación de los conjuntos de herrajes y aisladores, tanto para los cables conductores como para los cables de guarda.
- Instalación de los sistemas de señalización de peligro y numeración consecutiva de las estructuras.
- Señalización aérea de numeración en cada una de las estructuras y en ambos sentidos de la trayectoria de la línea de transmisión.

6.3.18.2 Ejecución

El Contratista debe ejecutar estos trabajos con las precauciones necesarias para garantizar el ensamble adecuado de todos los componentes de las cadenas de herrajes y aisladores.

El Contratista debe utilizar el equipo y herramientas apropiadas.

No se deben hacer sustituciones de ninguna clase de los materiales, se instalarán exactamente los indicados en los planos del proyecto.

El Contratista revisará y limpiará todos los materiales antes de instalarlos.

6.3.18.3 Ítems incluidos en el precio unitario

- La instalación de los conjuntos de herrajes y aisladores, tanto para los cables conductores como para los cables de guarda.
- Colocación de placas de numeración de estructuras y de aviso de peligro y señalización especial.

El vestido de estructuras forma parte del renglón Montaje de Estructuras, por lo que el Oferente debe considerar los costos en que incurrirá al elaborar su oferta no se aceptará ningún cargo desglosado por este concepto.

6.3.19 Instalación de cables

A continuación se detallara la forma en que se deberán instalar los cables en líneas de transmisión.

6.3.19.1 Tendido y tensionado de cable de guarda

A continuación se detallara la forma en que se deberá realizar el tendido y tensionado del cable de guarda.

6.3.19.1.1 Descripción

Las actividades incluidas en este renglón, son las correspondientes al tendido del cable de guarda a lo largo de toda la línea de transmisión, el tensado correspondiente y su sujeción definitiva a los herrajes para unirlo a la estructura.

El tendido y tensado del cable de guarda consiste en colocar el cable indicado en el proyecto y los herrajes necesarios en los extremos superiores de las estructuras y posteriormente tensar el cable para dejarlo a una altura determinada del suelo.

Para el tendido de cable de guarda se empleará el método de tensión mecánica controlada.

En cada tramo en que se haya dividido el programa de tendido se comprobarán las flechas por lo menos en 3 claros, uno al centro y los que más se aproximen al claro regla, procurando que no sean cercanos entre sí.

El contratista tendrá cuidado de que en ningún caso los empalmes queden a menos de 25 m de la grapa de suspensión o de tensión.

Para el tendido de cable se utilizarán poleas de fierro, si se instala cable de acero de 9.54 mm (3/8") de diámetro, tipo Siemens Martín; en caso de instalar cable de acero con aluminio soldado (Alumoweld), las poleas para el tendido serán de aluminio u otro material suave que no maltrate al cable.

En cualquier método que se utilice para tender el cable de guarda, se cuidará que no se maltrate.

Para el tensado de cable se aplicará el método de medición directa de la flecha y verificación con dinamómetro, de acuerdo a lo indicado en las tablas de flechas y tensiones.

Cuando durante el proceso de tendido y tensado de los cables, sea necesario efectuar cruzamientos con otras líneas de transmisión, de distribución o de comunicaciones, el contratista debe efectuar los trabajos con línea energizada, para lo cual tomará las precauciones necesarias, utilizando las estructuras auxiliares que se requieran.

También debe prever las estructuras auxiliares necesarias para efectuar el tendido en el cruce de carreteras, caminos, ríos y vías de ferrocarril o marítimas.

En los cruzamientos de líneas de transmisión y vías de comunicación, no se colocarán empalmes en el claro de cruce y claros adyacentes. En estos casos el Contratista deberá prever sus maniobras de tal modo que evite la interrupción en los servicios.

Al instalar los herrajes y empalmes se ajustarán a las indicaciones del fabricante.

6.3.19.2 Empalmes y conexiones

Cuando en una línea eléctrica se empleen como conductores, cables, cualquiera que sea su composición o naturaleza, los empalmes de los conductores se realizarán mediante piezas adecuadas a la naturaleza, composición y sección de los conductores.

Lo mismo el empalme que la conexión, no debe aumentar la resistencia eléctrica del conductor.

Los empalmes deberán soportar sin ruptura ni deslizamiento del cable, el 90% de la carga de ruptura del cable empalmado.

La conexión de conductores, sólo podrá ser realizada en conductores sin tensión mecánica o en las uniones de conductores realizadas en el bucle entre cadenas horizontales de un apoyo, pero en este caso se deberá tener una resistencia al deslizamiento de al menos el 20% de la carga de ruptura del conductor.

En una línea no se debe colocar más de un empalme por vano y conductor.

Cuando se trate de la unión de conductores de distinta sección o naturaleza, es preciso que dicha unión se efectúe en el puente de conexión de las cadenas de aisladores horizontales.

Las piezas de empalme y conexión serán de diseño y naturaleza tal que eviten los efectos electrolíticos y deberán tomarse las precauciones necesarias para que las superficies en contacto no sufran oxidación.

6.3.19.3 Tolerancias

Se admitirá una tolerancia en flechas de proyecto de $\pm 1.5\%$

6.3.19.4 Medición

Se medirá por Kilometro-Línea, considerando la longitud de la Línea en proyección horizontal y la instalación de todos los cables que marca el proyecto.

6.3.19.5 Cargos incluidos en el precio unitario integrado

- La recepción, almacenaje, maniobras y acarreos hasta el sitio de la obra de: cable, herrajes y accesorios, así como registros para fines de contabilidad de almacén.
- El tendido y tensionado del cable, así como la colocación de los accesorios de acuerdo con los planos y especificaciones.

6.3.19.6 Tendido y tensionado de cable de guarda con fibras ópticas (CGFO)

En lo general es aplicable lo indicado para el cable de guarda convencional, sin embargo es necesario tener en cuenta las siguientes consideraciones:

Se debe evitar el dobléz del cable, así como su compresión. La calidad de transmisión de las fibras ópticas puede degradarse si el CGFO se somete a tensiones de tendido excesivas o dobleces que sean inferiores al radio mínimo de curvatura recomendado, el cual es de 15 veces el diámetro del cable cuando se enrolla permanentemente sin aplicarle tensión.

Los carretes que contengan el CGFO deberán ser transportados y manejados siempre en posición vertical. Nunca estibe los carretes en posición horizontal.

En general el equipo de tendido que se utiliza normalmente para la instalación de los cables de fase, es el que se recomienda para instalar el CGFO: máquinas tensionadora y traccionadora, embobinadoras de cable y poleas de tendido.

A diferencia del cable de guarda convencional, para el CGFO debe planearse la ubicación de los empalmes ópticos, los cuales deben hacerse en las estructuras, nunca a medio claro. Se debe determinar la longitud de los carretes de tal forma que se ubiquen los empalmes en torres predeterminadas y en cada extremo de una sección de tendido.

En una torre designada para la realización de un empalme óptico después de instalar los herrajes de remate, las puntas de CGFO que quedan libres son guiadas desde la parte superior hasta nivel de piso de la torre para llevar a cabo el empalme correspondiente. La longitud de estas puntas del CGFO debe ser por lo menos equivalente a la altura de la torre, mas un adicional de 20 metros. Después del tendido, este cable excedente, se enrolla y se fija temporalmente en la torre hasta que se haga el empalme y se realice la fijación definitiva del cable y de la caja de empalme óptico.

La guía para jalar el CGFO durante las maniobras de tendido puede ser un cable formado por alambres devanados, sin embargo también se pueden utilizar cables de nylon. En ambos casos las guías deben ser lo suficientemente resistentes como para soportar las tensiones de tendido requeridas. El sentido del devanado de los alambres que forman el cable guía debe ser el mismo que tenga el CGFO, para ayudar a resistir la tendencia a rotar cuando se aplica la tensión de tendido.

Para controlar la tensión de tendido se recomienda el uso de la tensionadora tipo de doble tambor con protección de neopreno en las ranuras de los tambores. Esta máquina tensionadora debe ser capaz de mantener las tensiones requeridas a varias velocidades de tendido.

Tanto la tensionadora como la traccionadora deben contar con sistemas efectivos de frenado para mantener la tensión cuando el tendido sea detenido por alguna causa. El diámetro de los tambores no debe ser menor a 70 veces el del cable.

El diámetro mínimo para las poleas de tendido es de 40 veces el del cable. La garganta de las poleas debe estar recubierta de neopreno con el fin de no dañar el CGFO.

La ubicación de las máquinas tensionadora y traccionadora deberá ser en una relación de 3:1 con respecto a la altura de las estructuras inicial y final adyacentes a estas máquinas.

Es necesario enfatizar la importancia de cumplir con el diámetro de las poleas y la ubicación de las máquinas tensionadoras y traccionadoras ya que de ello depende el que no se dañe el tubo de aluminio que va en el interior del cable y que aloja a las fibras ópticas.

Se debe instalar un dispositivo antitorsión entre el CGFO y el cable guía. Este dispositivo antitorsión se ensambla en la punta del CGFO mediante una grapa temporal tipo malla. Para una elección adecuada de la grapa temporal es necesario considerar el diámetro y la tensión de tendido del cable. Tanto el dispositivo antitorsión como la grapa temporal deben tener una tensión de ruptura máxima de 1500 Kg.

El dispositivo antitorsión se compone de dos contrapesos, los cuáles deben tener un ancho ligeramente menor al de la garganta de las poleas.

El corte del CGFO no debe hacerse con herramientas que causen la deformación del tubo de aluminio por compresión excesiva. Se recomienda el uso de arco segueta, evitando jalar las fibras ópticas que van dentro del tubo.

Es importante monitorear en todo momento del tendido que no se apliquen sobretensiones ni tensiones súbitas al cable. La tensión máxima de tendido es del 20 % del valor especificado para la tensión de ruptura.

En las maniobras de tensionado del CGFO para el flechado del mismo se usan grapas de tensión temporales, las cuales deben ser del tipo "cuña". Debe evitarse el uso de herrajes tipo "quijada", porque pueden dañar el tubo interior de aluminio del cable.

Las grapas de tensión permanentes deben ser del tipo de compresión a tornillo, con dispositivo mecánico de protección contra sobreapriete, que evite un posible daño al tubo de aluminio.

Una vez efectuado el tendido del CGFO, éste no debe permanecer sobre las poleas de tendido por más de 48 horas para evitar daños a la unidad óptica del cable.

La instalación de amortiguadores debe hacerse inmediatamente después del flechado en la cantidad y ubicación recomendadas por el fabricante y de acuerdo a la ingeniería realizada.

Mientras no se realice el empalme, las puntas de los cables deberán enrollarse cuidadosamente en espiras de diámetro no menor a un metro y fijarse a la estructura.

La unidad óptica debe sellarse herméticamente mediante tapones de plástico, silicón, cinta aislante, etc. para evitar la penetración de humedad hacia las fibras ópticas.

El empalme puede realizarse a nivel de piso o sobre una plataforma, sin embargo la ubicación definitiva de la caja de empalme se hará donde termine el cuerpo piramidal en el caso de una estructura y a 5 m. sobre el nivel del piso en caso de postes. Ningún tramo de CGFO debe quedar instalado por debajo de un mínimo de 5 m. de altura desde el nivel del piso.

Los herrajes de guía y fijación del CGFO a la estructura o poste deberán colocarse cada 1.5 o 2.0 metros.

El CGFO se remata en una caja de empalme en el marco de remate de la subestación a una altura de 1.70 m. De esta caja sale el cable óptico dieléctrico de acometida que va hasta la caseta de control, donde se ubican los equipos terminales ópticos y la caja de distribución de fibras ópticas.

El alcance de estos trabajos incluye la instalación de estos cables de acometida y su remate en las cajas de distribución de las casetas de control de las subestaciones.

También se incluyen la medición y protocolización del enlace óptico completo de caja de distribución a caja de distribución, de cada una de las fibras ópticas.

Nota: *Estas son consideraciones que el LICITANTE debe tener en cuenta para la planeación de los trabajos, sin embargo para la realización de los mismos se deben tomar en cuenta las recomendaciones e instrucciones de instalación, tendido, uso de accesorios, etc. de cada fabricante para cada modelo de cable en particular.*

6.3.19.7 Tendido y tensionado de cable conductor

A continuación se detallara la forma en que se deberá realizar el tendido y tensionado de cable conductor en líneas de transmisión.

6.3.19.7.1 Descripción

En este concepto se incluirán todas las actividades relacionadas con el tendido, tensionado, engrapado e instalación del sistema de amortiguamiento necesario para evitar vibraciones en los cables conductores que pudieran llegar a dañarlos, o a dañar la estructura y la instalación de los dispositivos necesarios para mantener los subconductores del haz de conductores múltiple separados entre sí a distancias seguras.

Este concepto incluye el tendido y tensionado de cable conductor, la colocación definitiva de los herrajes correspondientes y sus accesorios para sujetarlos a las cadenas de aisladores; la instalación de separadores (cuando sean necesarios) y amortiguadores, la ejecución de los empalmes de tramos de cable conductor, y la instalación de puentes y remates en las torres que se requieran.

Previo al inicio de la instalación de cables, la Contratista presentará a ETCEE–INDE para su revisión el programa de tendido.

6.3.19.7.2 Ejecución

La contratista transportará el cable a los almacenes de la obra para su distribución a los sitios en que se instale, utilizando equipo adecuado.

La contratista efectuará el tendido de cable conductor bajo el procedimiento de tensión mecánica controlada, entendiéndose como tal procedimiento, aquel en el cual el cable conductor no tenga contacto con el suelo, para lo cual es necesaria la utilización de equipos y herramientas especiales.

El equipo principal estará constituido por una unidad de frenaje y otra de tensión, con sistema de radio-comunicación adecuado.

La unidad de frenaje o desenredo deberá ser de doble tambor recubierto con neopreno en las superficies donde el cable conductor quede en contacto.

Para reducir el peligro de falla el diseño de equipo debe ser tal, que se pueda mantener la tensión deseada en forma constante, por lo cual deben tener sistemas de frenos que puedan ser operados manual, neumática, hidráulica o eléctricamente.

El equipo estará diseñado de manera que no haya transmisión de calor generado por el sistema de frenaje de los tambores por donde pasa el cable conductor.

Deberá haber un sistema de frenaje mecánico suave en los portacarretes para evitar que no se cuelgue el cable entre el portacarrete y el equipo de frenaje o desenredo. El recubrimiento del neopreno deberá ser como mínimo de 6 mm (1/4") de espesor en los tambores.

El cable conductor deberá dar 4 ½ vueltas como mínimo en cada uno de los tambores.

El equipo deberá ser capaz de mantener en forma continua la tensión por conductor especificada de acuerdo con las características del cable por tender.

Cuando durante el proceso de tendido y tensionado de los cables, sea necesario efectuar cruzamientos con otras líneas de transmisión, de distribución o de comunicaciones, la Contratista debe efectuar los trabajos con línea energizada, para lo cual tomará las precauciones necesarias.

También debe prever las estructuras auxiliares necesarias para efectuar el tendido en el cruce de carreteras, caminos y vías de ferrocarril o marítimas.

El cable guía con el que se dará la tensión deberá ser adecuado, para evitar la aplicación de esfuerzos indeseables en las cadenas de aisladores y estructuras y deberá conectarse al cable conductor por medio de eslabones giratorios (swivel) y mordazas. El extremo de las mordazas deberá ser flejado y encintado al conductor para facilitar su paso sobre las poleas y tener seguridad en las maniobras.

La contratista deberá contar con el equipo necesario para efectuar el tendido bajo tensión mecánica controlada, con las poleas suficientes y del diámetro requerido para el tipo de cable que se esté tendiendo, las empalmadoras adecuadas para instalar los herrajes a compresión y cualquier otro equipo que requiera para el desarrollo seguro y eficiente de esta actividad.

Las poleas que se utilicen en el tendido y tensionado de los conductores deberán tener un diámetro mínimo, medido al fondo de la garganta de 12 veces al diámetro del cable conductor, la garganta deberá estar recubierta de hule o neopreno y será del ancho necesario; las poleas deberán estar montadas en chumaceras de bolas o rodillos.

Es importante que la contratista tenga el mayor cuidado al manipular el cable conductor, para que éste, no sufra deterioro ni roturas que posteriormente puedan acarrear problemas cuando la línea de transmisión esté en operación.

La contratista deberá tensionar, usando el método de medición directa de flecha y verificación con dinamómetro, comprobados con las tablas de flechas y tensiones del proyecto.

Los tramos a tensionar no serán mayores de 3 000 m, salvo casos especiales en que se justifique ante ETCEE-INDE. En cada tramo de tensionado deberá comprobarse las flechas cuando menos en 3 claros, procurando hacer esta verificación en los claros que más se aproximen al claro regla.

La contratista evitará que el cable conductor permanezca tendido, sin tensionar y engrapar durante más de 72 horas.

En ningún caso los empalmes quedarán a menos de 25 m de los apoyos (suspensión o tensión), ni se permitirá su paso por las poleas.

La distancia entre empalmes no será menor de 450 m, no se permitirá más de un empalme en el mismo conductor por claro.

No se instalarán empalmes o manguitos de reparación en los cruzamientos con carreteras, ferrocarriles y Líneas de transmisión.

Antes de engrapar o sujetar en forma definitiva los conductores se verificarán los libramientos a tierra.

La separación de los puentes a la estructura deberá cumplir con las distancias mínimas indicadas en las Normas de proyecto.

6.3.19.7.3 Tolerancias

- Se admitirá una tolerancia en variación de flechas indicadas en proyecto de $\pm 1.5\%$ con límite máximo en valor absoluto de ± 1 m.
- En conductores múltiples se admitirá una tolerancia en la misma fase de ± 25 mm en flecha.
- Entre fases los conductores del mismo claro deben tener la misma flecha y se acepta una tolerancia máxima de 10 mm por cada 100 m de longitud, sin exceder de 50 mm para cualquier longitud de claro.

6.3.19.7.4 Medición

Se medirá por Kilometro-Línea, considerando la longitud de la Línea en proyección horizontal.

6.3.19.7.5 Cargos incluidos en el precio unitario integrado

- La recepción y transporte a su almacén, almacenaje, maniobras y acarreos hasta el sitio de la obra, registró para fines de contabilidad del almacén de los cables, herrajes y accesorios.
- Tendido y tensionado de los cables y la instalación de herrajes, separadores (si se requieren), amortiguadores, empalmes, puentes y accesorios de acuerdo con los planos del proyecto.
- Suministro y colocación de perchas para cruces en vías de comunicación y líneas eléctricas.

6.3.19.8 Herrajes

A continuación se detallara los diferentes tipos de herrajes que se utilizan en líneas de transmisión.

6.3.19.8.1 Cables de tierra

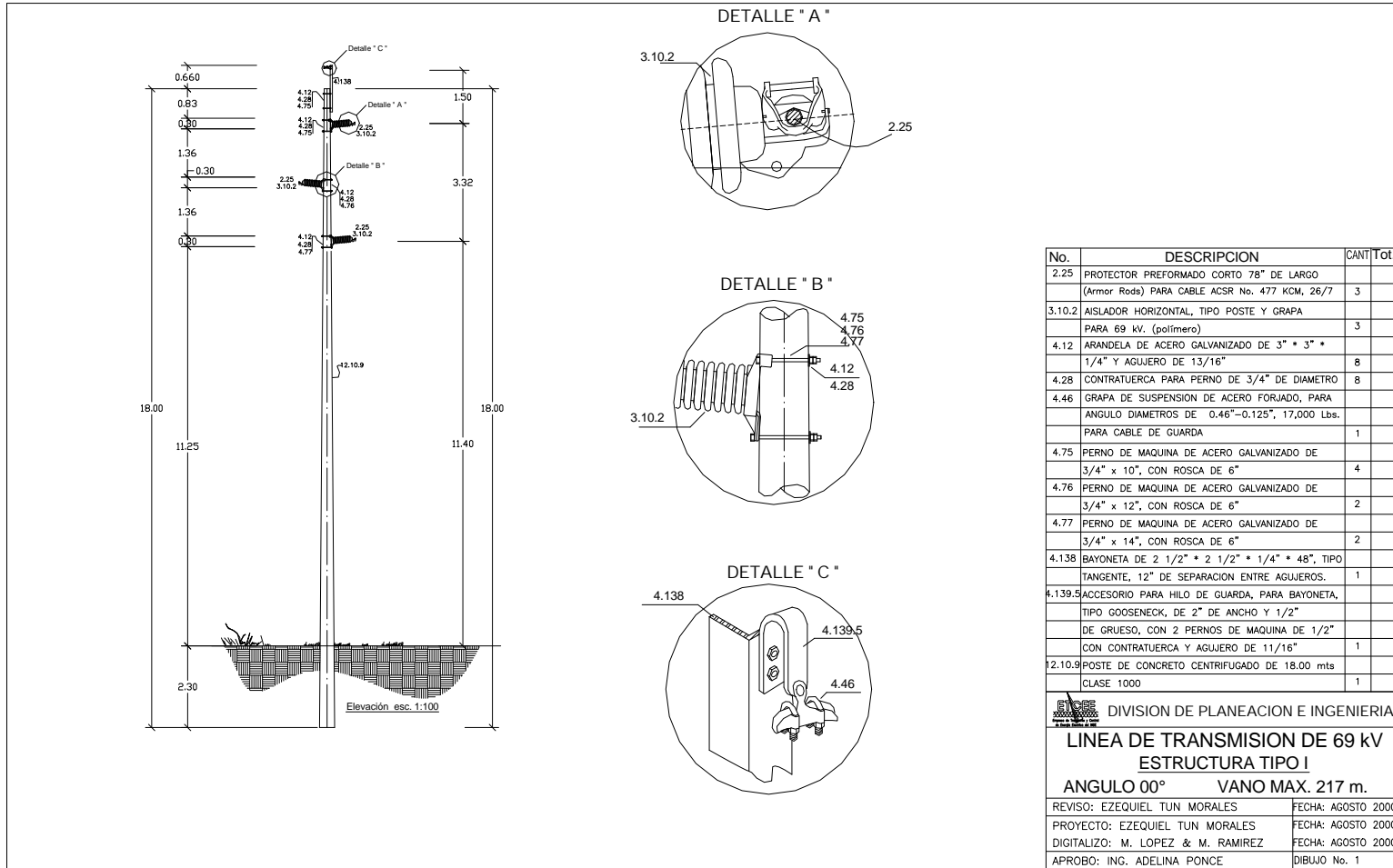
- Cuando se empleen cables de tierra para la protección de la línea, se recomienda que el ángulo que forma la vertical que pasa por el punto de fijación del cable de tierra con la línea determinada por este punto y el conductor, no exceda de 35° .
- Los empalmes de los cables de tierra reunirán las mismas condiciones de seguridad e inalterabilidad exigidas para los empalmes de conductores.
- Los herrajes de la línea deberán unirse al cable de conexión a tierra.

6.3.19.8.2 Herrajes

- Los herrajes serán de diseño adecuado a su función mecánica y eléctrica y deberán ser prácticamente inalterables a la acción corrosiva de la atmósfera, muy particularmente en el caso de que se teman efectos electrolíticos.
- En el diseño de los herrajes a utilizar en líneas de alta tensión, deberá tenerse presente su comportamiento en el fenómeno de efecto corona.

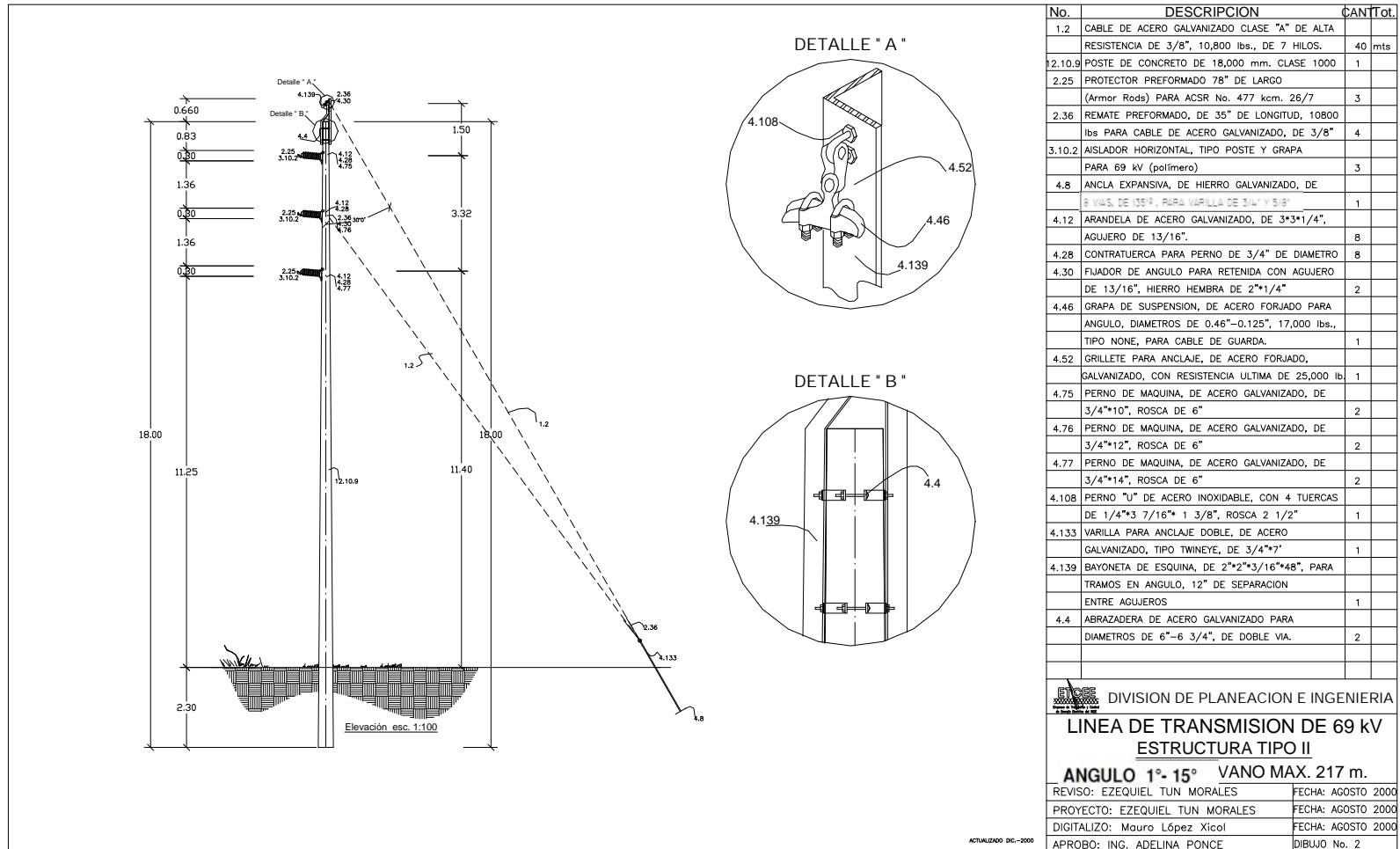
a) Estructuras Típicas Tipo Poste

Figura 16 Estructura típica tipo poste I



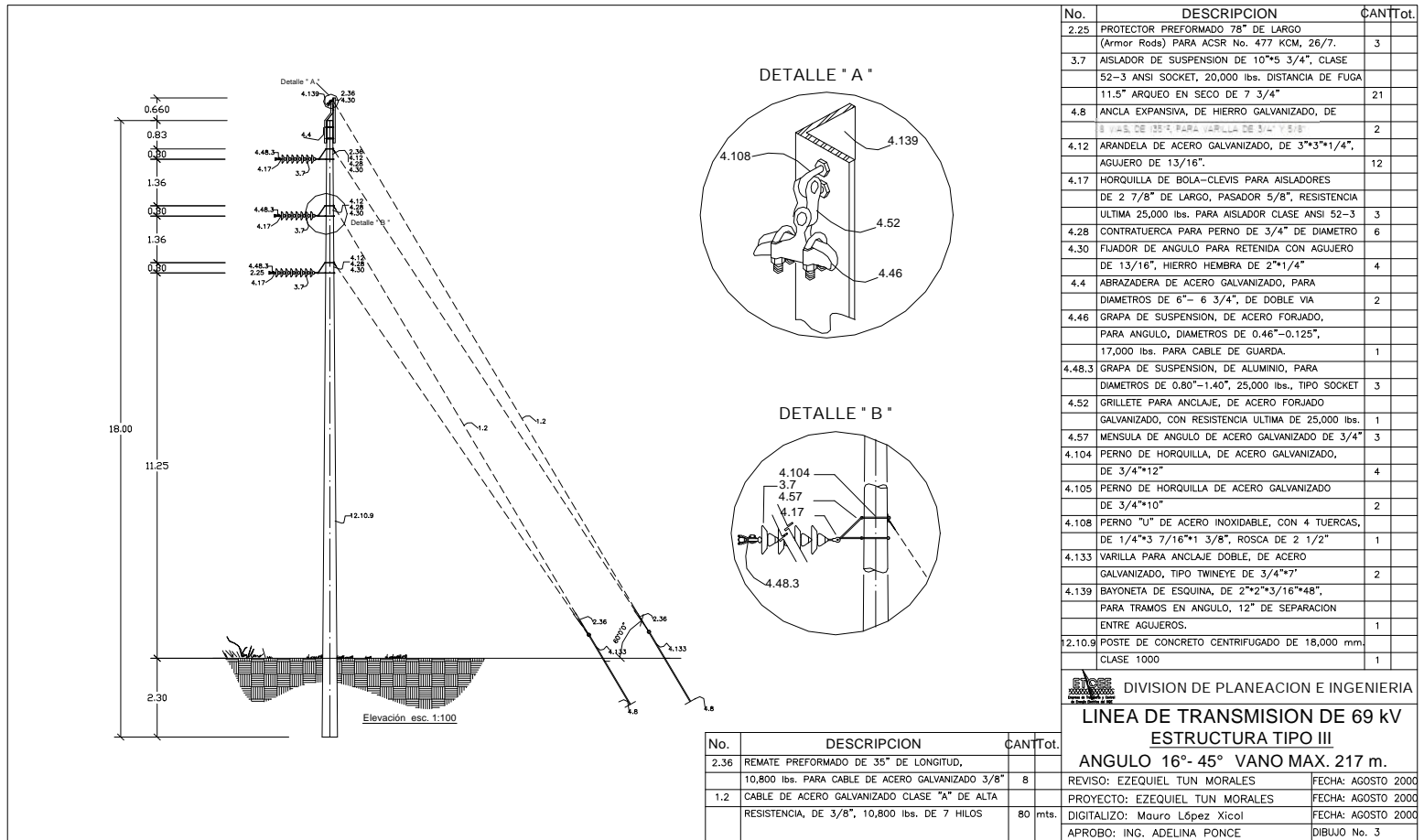
Fuente: División de planeación e ingeniería de ETCEE-INDE

Figura 17 Estructura típica tipo poste II



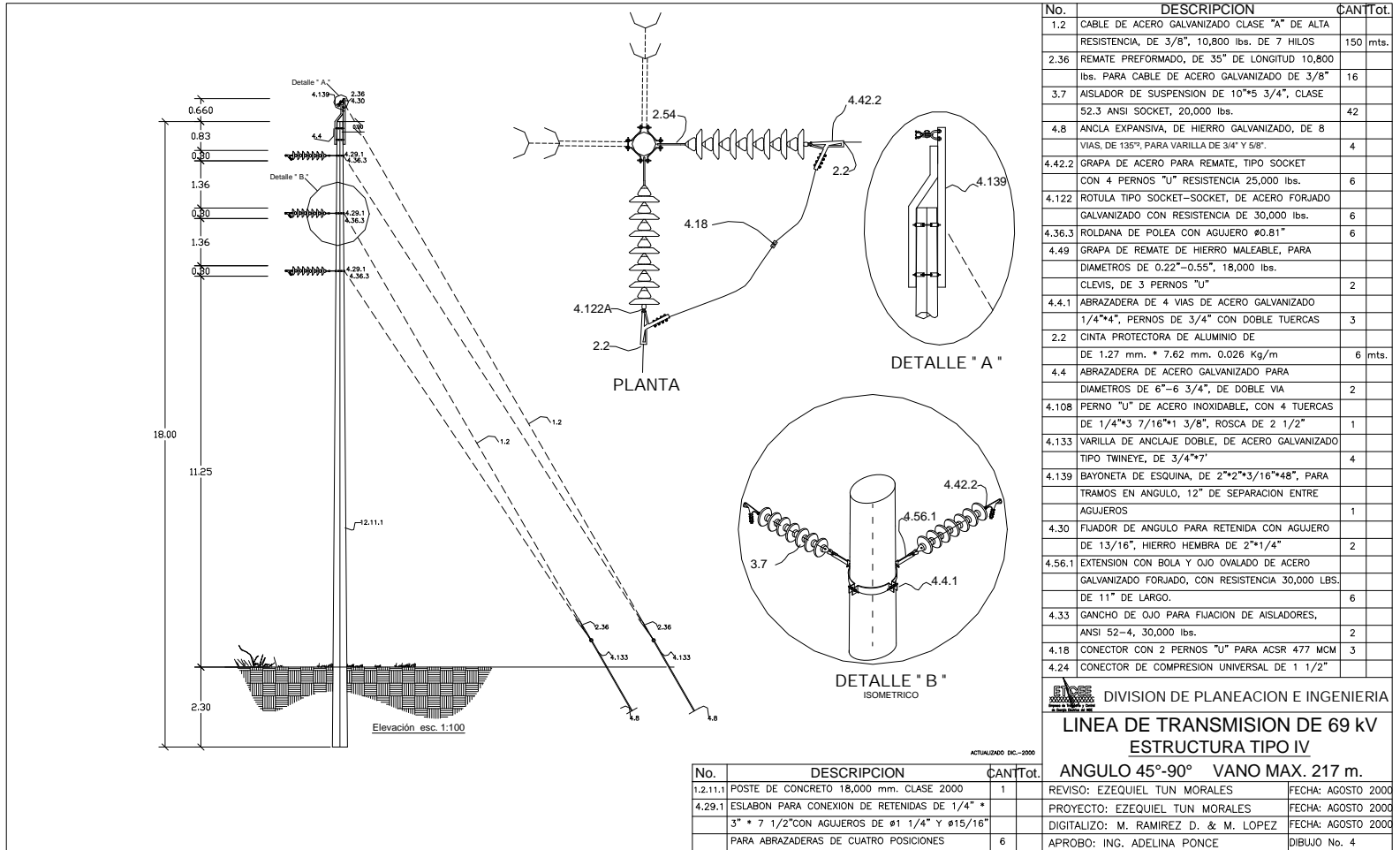
Fuente: División de planeación e ingeniería de ETCEE-INDE

Figura 18 Estructura típica tipo poste III



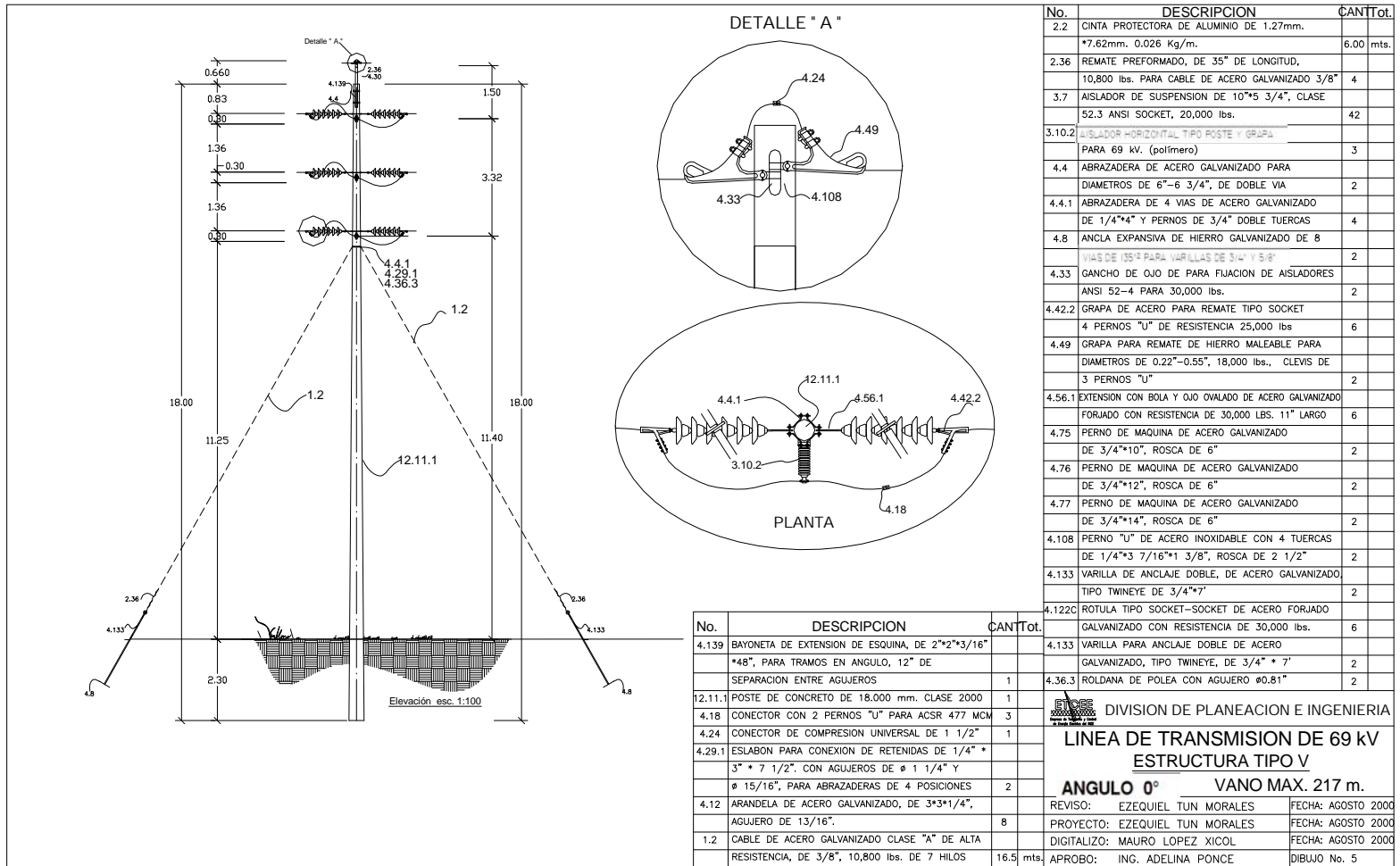
Fuente: División de planeación e ingeniería de ETCEE-INDE

Figura 19 Estructura típica tipo poste IV



Fuente: División de planeación e ingeniería de ETCEE-INDE

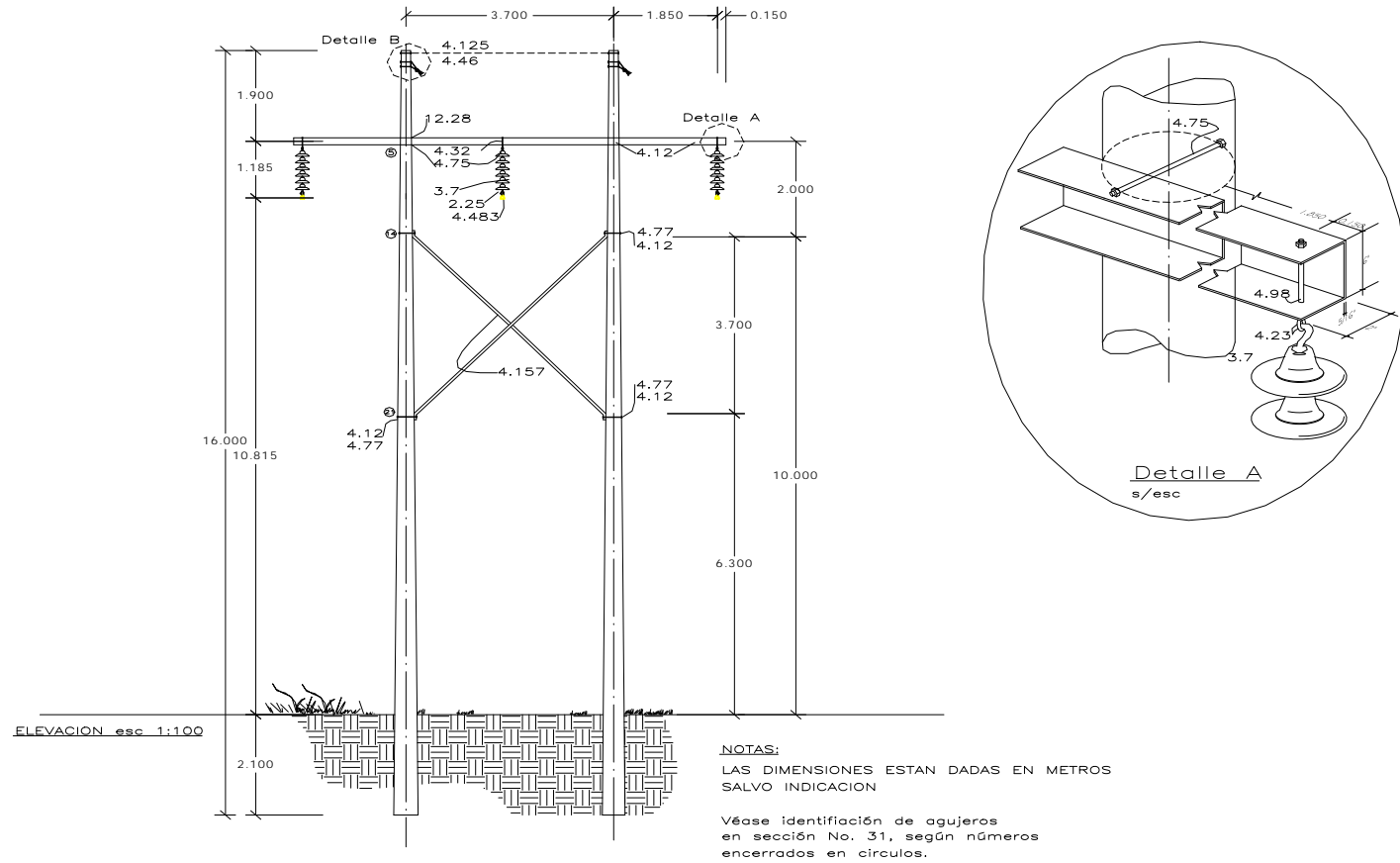
Figura 20 Estructura típica tipo poste V



Fuente: División de planeación e ingeniería de ETCEE-INDE

b) Estructuras Típicas Tipo H

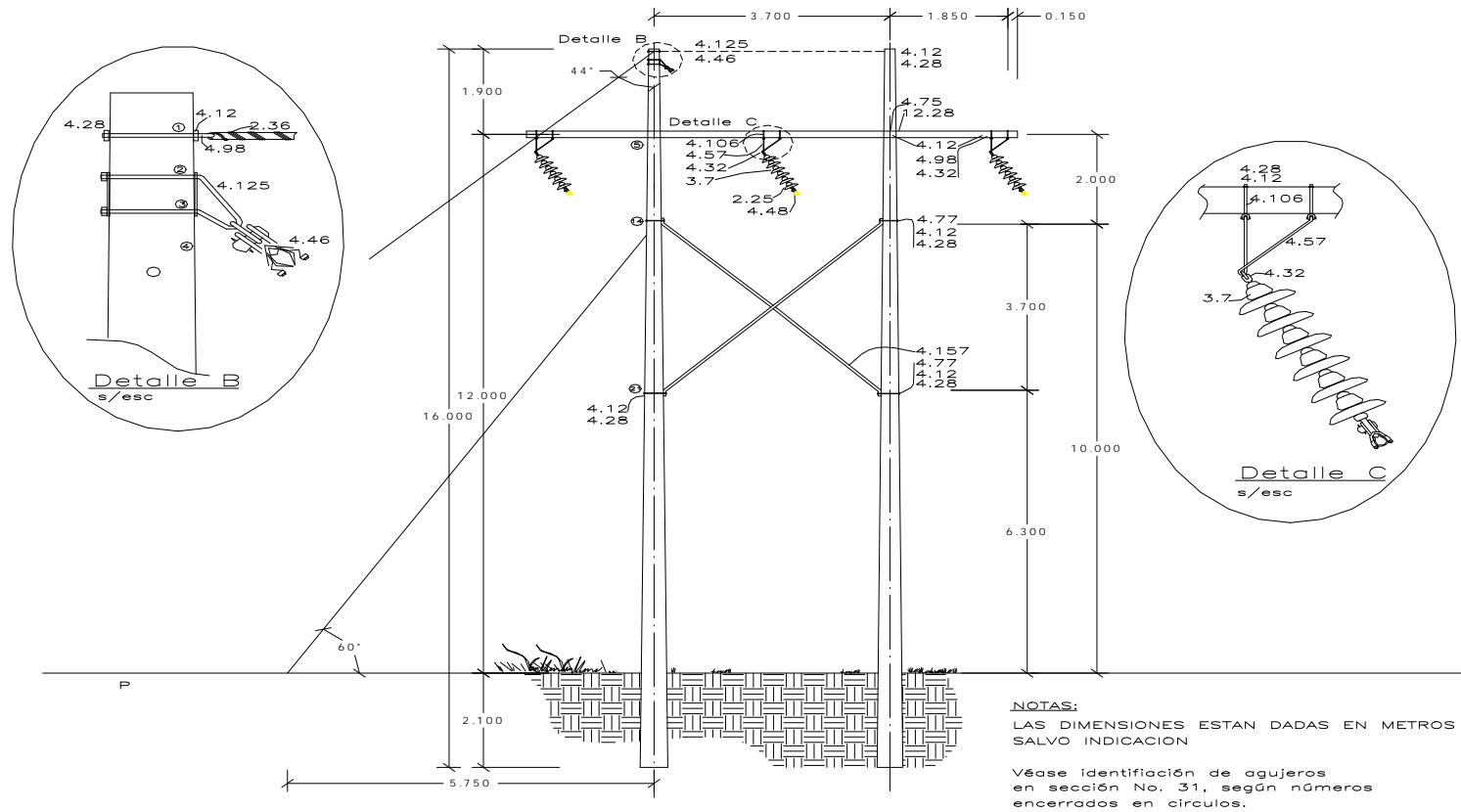
Figura 21 Estructura típica H tipo I



ESTRUCTURA Típica TIPO I

Fuente: División de planeación e ingeniería de ETCEE-INDE

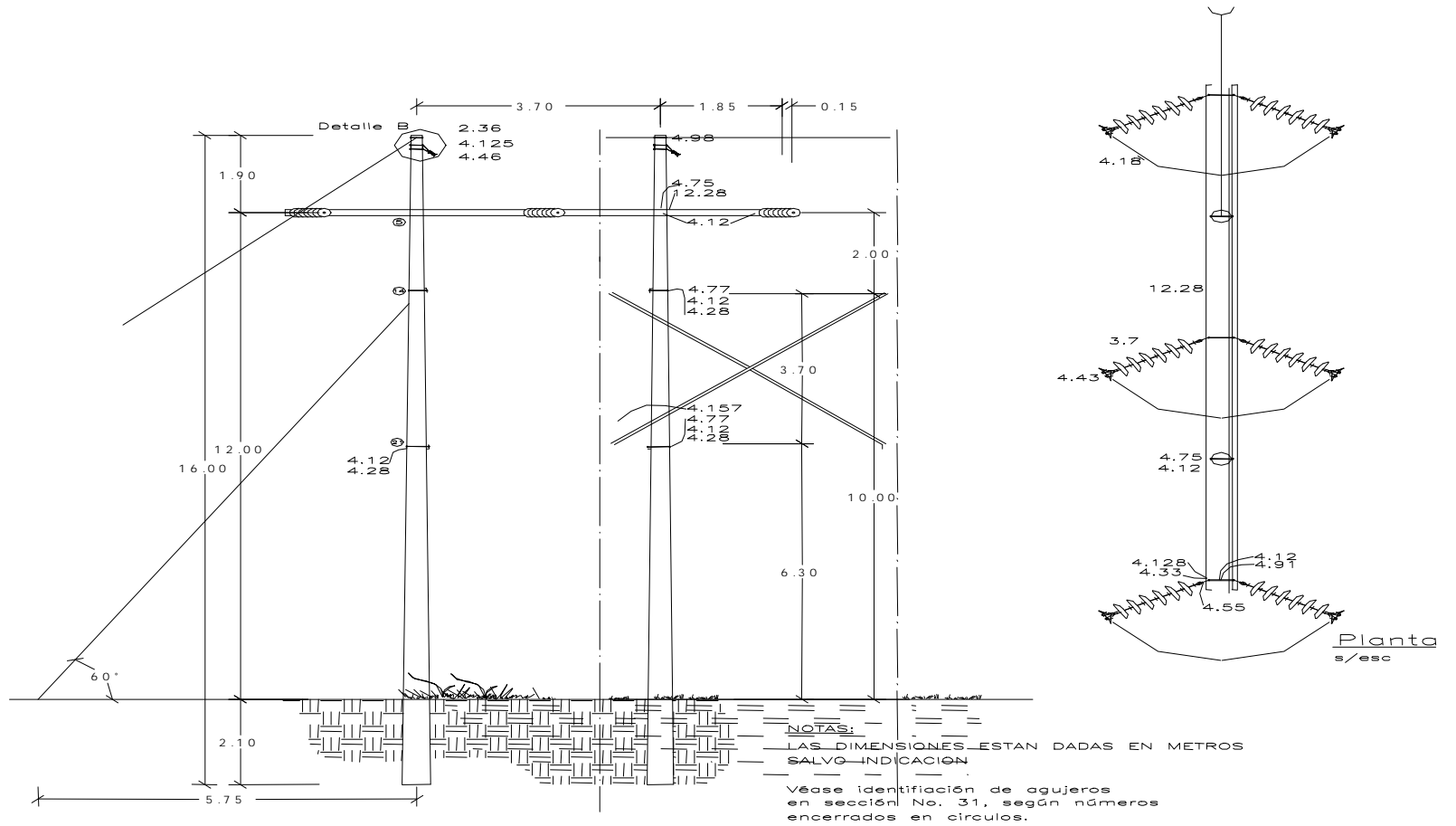
Figura 22 Estructura típica H tipo II



ESTRUCTURA Típica TIPO II

Fuente: División de planeación e ingeniera de ETCEE-INDE

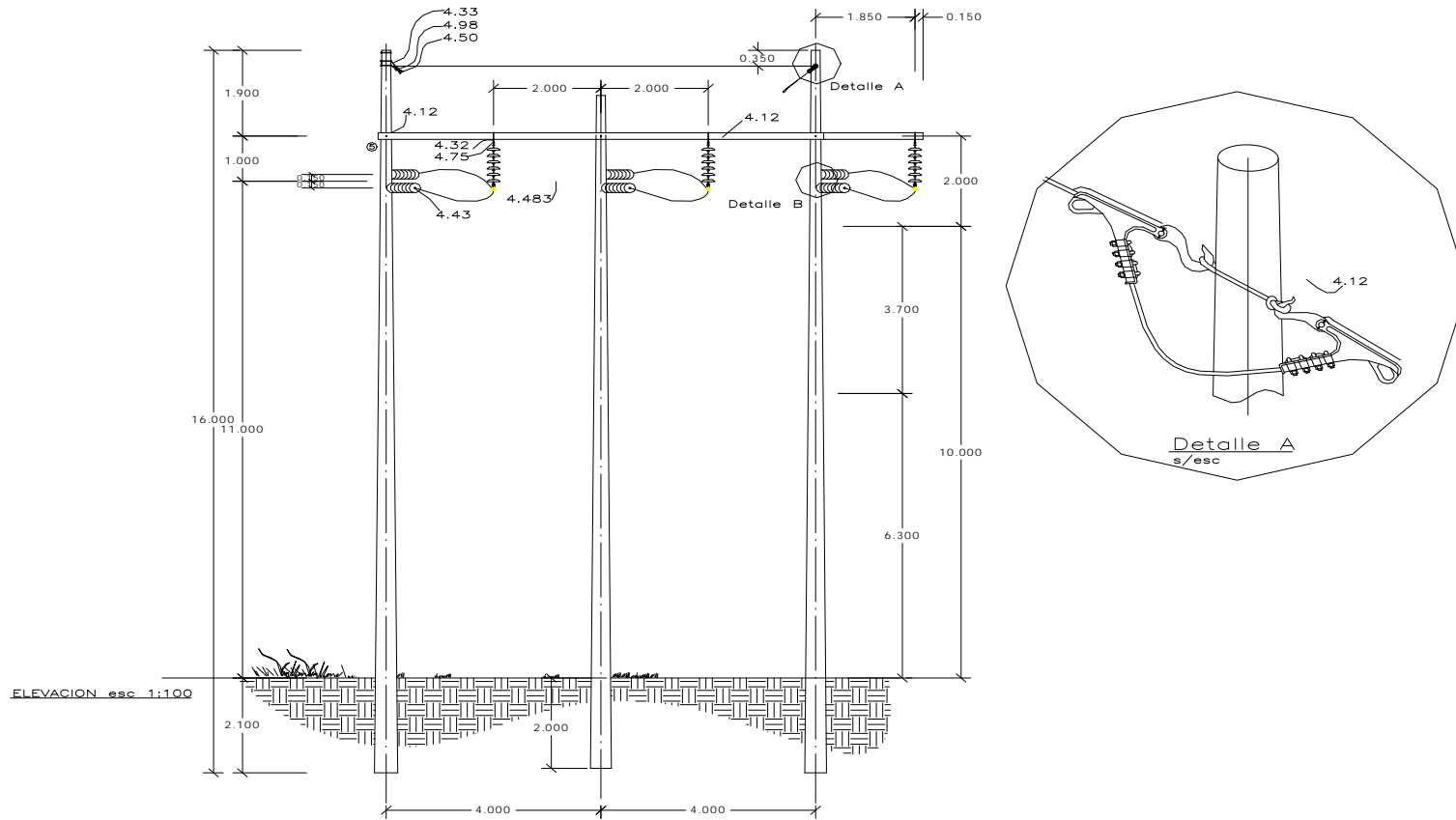
Figura 23 Estructura típica H tipo III



ESTRUCTURA Típica TIPO III

Fuente: División de planeación e ingeniera de ETCEE-INDE

Figura 24 Estructura típica H tipo IV

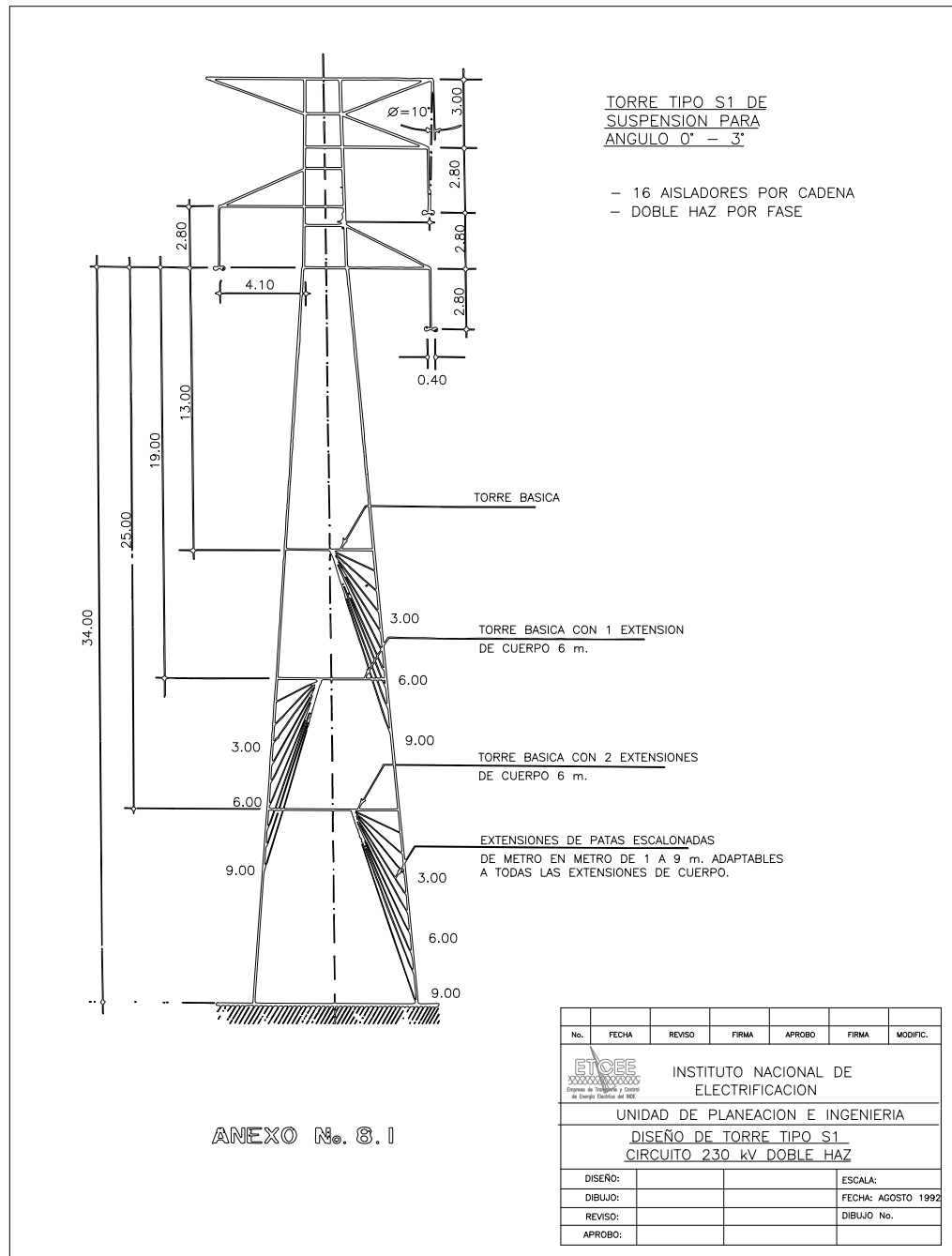


ESTRUCTURA Típica TIPO IV

Fuente: División de planeación e ingeniera de ETCEE-INDE

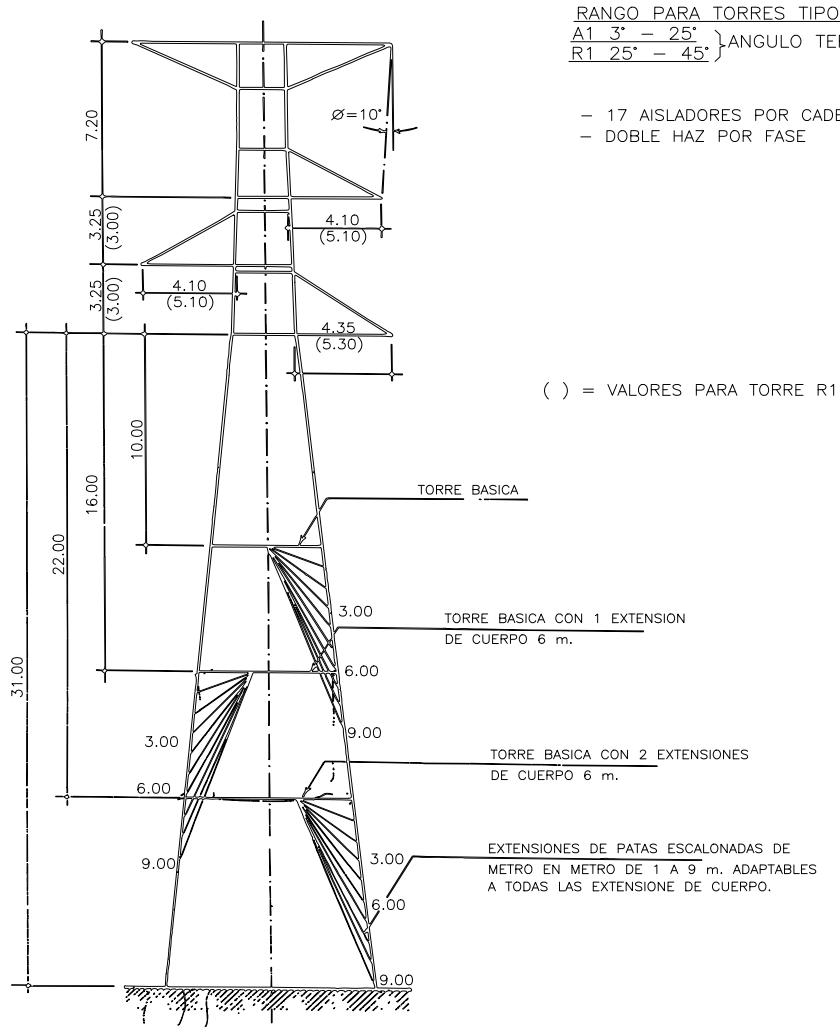
c) Torres

Figura 25 Torre tipo S1



Fuente: División de planeación e ingeniería de ETCEE-INDE

Figura 26 Torre tipo A1 y R1



ANEXO No. 8.2

No.	FECHA	REVISO	FIRMA	APROBO	FIRMA	MODIFIC.
 INSTITUTO NACIONAL DE ELECTRICACION UNIDAD DE PLANEACION E INGENIERIA DISEÑO DE TORRES TIPO A1 Y R1 CIRCUITO 230 kV DOBLE HAZ						
DISEÑO:				ESCALA:		
DIBUJO:				FECHA: AGOSTO 1992		
REVISO:				DIBUJO No.		
APROBO:						

Fuente: División de planeación e ingeniería de ETCEE-INDE

7. DESCRIPCIÓN DE LOS COSTOS DEL PROYECTO

Durante el tiempo que en que se llevo acabo el proyecto de E.P.S. denominado “Normas Técnicas de Diseño de Subestaciones Eléctricas y Líneas de Transmisión para la red de ETCEE-INDE” se realizaron diferentes actividades económicas con el propósito de cumplir satisfactoriamente este proyecto, las cuales se detallaran dentro de este capitulo.

Asimismo, la ETCEE-INDE institución donde se realizo el proyecto obtuvo beneficios económicos por parte del trabajo realizado. Y estos se detallaran a continuación, cabe mencionar que estas cantidades monetarias no son exactas, sino que son un estimado de los diferentes gastos realizados.

7.1 Aporte económico de la realización proyecto

El aporte realizado a la ETCEE-INDE, consistió fundamentalmente en la recopilación de información y de las diferentes investigaciones de campo realizadas, con el propósito de cumplir con la elaboración de estas normas técnicas. Es muy difícil determinar el costo real que este proyecto conlleva.

Con respecto al costo de transporte y viáticos, se obtuvieron los siguientes datos mensuales:

	Transporte	Viáticos
Costo	Q. 550.00	Q300.00

Con un total de:

Transporte	Viáticos
Q. 3,300.00	Q. 1,800.00

que fueron realizados durante los 6 meses, que tuvo de duración el proyecto.

El monto total de gastos personales para este proyecto fue de Q. 5,100.00. Adicionalmente en si, la elaboración de estas normas técnicas podremos considerar un costo de Q 10,000.00 aproximadamente.

Con base en lo anterior, el costo que tiene la realización de estas normas técnicas asciende a un total de Q 15,100.00, que es el beneficio que obtuvo la empresa en mención, sin incluir algunos gastos extras.

7.2 Costo de actividades complementarias

Dentro de estas actividades complementarias o gastos extras para la empresa podremos considerar, el sueldo de un profesional del área de ingeniería eléctrica durante estos 6 meses en que se realizo el proyecto.

El costo de estas actividades complementarias asciende a un total de Q 30,000.00 durante estos 6 meses, el cual se divide en un sueldo mensual de Q 5,000.00.

7.3 Costo de supervisión

Otro de los gastos que podríamos mencionar es la aportación que se le tendría que dar al supervisor o encargado de revisar el proyecto.

Se podría tener un aproximado de los gastos, asumiendo que durante la semana se realizara un total de 3 visitas de supervisión.

	Lugar de la empresa	Gasolina	Viáticos	Depreciación de vehículo	Costo por visita
Costo	Sn José Villanueva Guatemala	Q 50.00	Q 75.00	Q 250.00	Q 500.00

El costo total asciende a Q 1,875.00 por cada semana de supervisión.

Adicionalmente se deberá considerar un costo indirecto como es el sueldo del supervisor más las prestaciones que este conlleva, que se asume una cantidad de Q. 6,000.00 mensuales, y que tendrá un total de Q 48,000.00 durante los 6 meses en que se realizo el proyecto.

7.4 Costo Total del proyecto

Con todos los gastos antes mencionados, podremos decir que la realización de estas normas técnicas o del proyecto en si, tuvo un valor aproximado de Q. 93,100.00, lo cual la empresa tuvo como beneficio económico.

CONCLUSIONES

1. Estas normas técnicas podrán ser utilizadas a nivel nacional, ya que cuenta con un estudio de las condiciones físicas y topográficas de los diferentes municipios de la república de Guatemala.
2. Las normas técnicas de diseño de subestaciones eléctricas y líneas de transmisión pretende ser un documento de apoyo para obtener un mejor diseño en la construcción y ampliación de la red de ETCEE-INDE, y así poder seguir brindando un excelente servicio en el transporte de energía eléctrica.
3. Además de ser un normativo para el diseño y construcción de subestaciones eléctricas y líneas de transmisión de la ETCEE-INDE, este servirá de apoyo para otras instituciones que desean realizar este tipo proyectos.
4. Este normativo de diseño de subestaciones eléctricas y líneas de transmisión cuenta con todos los requerimientos nacionales e internacionales necesarios para la construcción o ampliación del transporte de energía eléctricas.

RECOMENDACIONES

1. Es de suma importancia que la ETCEE-INDE utilice este normativo, ya que con esto obtendrá una metodología específica y adecuada para el diseño de subestaciones eléctricas y líneas de transmisión.
2. El uso de estas normas técnicas servirá como una herramienta importante a nivel nacional, ya que en este, también se tomo en cuenta la seguridad del personal que realizara este tipo de proyectos, con el cual obtendremos un diseño mas seguro en el transporte de la energía eléctrica.
3. Este normativo podrá ser utilizado para el diseño de subestaciones eléctricas y líneas de transmisión o para ampliación de la red, por cualquier empresa que lo requiera.
4. Este documento servirá de apoyo para los estudiantes de la escuela de mecánica eléctrica de la facultad de ingeniería, ya tiene contenidos muy importantes sobre las normas técnicas de diseño de subestaciones eléctricas y líneas de transmisión que se utilizan a nivel nacional.

BIBLIOGRAFÍA

1. INDE, www.inde.gob.gt.
2. Martín, José Raúl. **Diseño de subestaciones eléctricas**. Segunda Edición. México. UNAM, 2000.
3. Pagina de internet, www.ing.unlp.edu.ar
4. Normas DGE, **Especificaciones técnicas para el suministro de materiales y equipos de subestaciones para electrificación rural**, 2000.
5. Autor desconocido, **El blindaje y la coordinación de aislamiento en las subestaciones eléctricas**, 1995.
6. Pagina de internet,
www.textoscientificos/dispositivosdeproteccion.com
7. Autor Desconocido, **Componentes de un sistema de protecciones**, 1989.
8. Pagina de internet,
[www.Tipos y aplicaciones de transformadores.htm](http://www.Tipos_y_aplicaciones_de_transformadores.htm).
9. J. Roldan Vilorio, **Manual del electricista del taller**, Segunda Edición, 1992.

10. Especificación CFE C0000-43, **Estudios geotécnicos para estructuras de líneas de transmisión**, 2000.
11. Especificación NRF-014-CFE-2001, **Derechos de vía**, 2002.
12. Manual Standard del Ingeniero Electricista, **Transporte de energía**, 2000.
13. María Checa, Luis, **Líneas de transporte de energía**, 1996.
14. Guía Provisional CFE-04400-42, **criterios básicos para subestaciones**, 2004.
15. Charles S. Simmons, José Tárano, **Clasificación de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala**. Instituto Agropecuario, 1965.
16. INSIVUMEH, www.insivumeh.gob.gt, departamento de Hidrología.
17. Instituto Geográfico Nacional IGN, www.maga.gob.gt
18. **Normas CNEE.**
19. **Normas NTDROID.**
20. **Normas NTDOST.**
21. **Normas NTSD.**
22. **Normas NTCSTS.**

23. Normas ASTM.

24. Normas AASHO.

25. Normas IEC.

26. Normas NEC.

27. Normas ANSI/IEEE.

28. Normas ASI.

29. ABB, Catálogo de líneas de transmisión, 2006.

APÉNDICE A
DEFINICIONES Y ACRÓNIMOS

Introducción

Para los efectos de estas Especificaciones se establecen las siguientes definiciones y acrónimos, a las que y a los cuales se agregan aquellas y aquellos contenidos en la Ley General de Electricidad, su Reglamento, y las Normas Técnicas emitidas y aprobadas por la Comisión Nacional de Energía Eléctrica y el Mercado Mayorista. Deberá entenderse que otros términos no incluidos en estas definiciones se usan en el sentido o con el significado más aceptado en el lenguaje técnico.

Definiciones y Acrónimos

Aislador	Soporte no conductor para un conductor eléctrico.
ANSI	American National Standards Institute.
ASTM	American Society for Testing and Materials.
Aterrizado	Conectado a o en contacto con la tierra o conectado a alguna extensión de un cuerpo conductor que sirve en lugar de la tierra.
AMM	Administrador del Mercado Mayorista.
Arco eléctrico	Descarga disruptiva a través del aire alrededor o sobre la superficie de un aislamiento sólido o líquido, entre partes de diferente potencial o polaridad, producido por la aplicación de un voltaje tal que el camino entre ambas partes queda lo suficientemente ionizado para producir un paso de corriente.
Cable	Conductor con aislamiento o conductor trenzado con o sin aislamiento.
Coeficiente de seguridad	Es el cociente entre la resistencia última, (madera, cables y conductores, hilos de guarda) o la resistencia

		en el límite de fluencia (acero o aluminio) y la carga máxima de trabajo.
Coeficiente de sobrecarga	de	Es el cociente entre la carga máxima aplicable a una estructura sin que ninguno de sus componentes sufra deformaciones permanentes, y la carga máxima de trabajo.
Conductor		Es un material, usualmente en la forma de alambre, cable o barra, capaz de conducir una corriente eléctrica.
Conductor aislado		Conductor cubierto con un dieléctrico (No aire) que tiene una resistencia de aislamiento igual o mayor que la tensión del circuito en el cual el conductor es usado.
Conductor cubierto		Es el que tiene una cubierta aislante cuya rigidez dieléctrica nominal es desconocida, o es menor que la requerida para la tensión del circuito en el que el conductor se usa.
Conductor encerrado		Ver conductor cubierto.
Conductor con pantalla	con	Conductor con una envoltura metálica que encierra al conductor y le provee una superficie equipotencial en contacto con el aislamiento del cable.
Conductor en línea abierta	en línea	Tipo de construcción de línea de suministro de energía eléctrica o de comunicación en la cual el conductor está desnudo, cubierto o aislado y sin pantalla aterrizada, soportado individualmente a la estructura ya sea directamente o con aisladores.
Conductor de soporte	de	Un conductor cuyo propósito es soportar otros conductores así como ser parte del circuito eléctrico.
Conexión		Unión de conductores que asegura la continuidad eléctrica de los mismos, con una resistencia mecánica reducida.

CSA	Canadian Standards Association.
CNEE	Comisión Nacional de Energía Eléctrica de Guatemala.
Corto circuito	Conexión intencional o accidental de dos puntos de un circuito por una impedancia de valor despreciable.
Distancia mínima de seguridad	Es la distancia mínima establecida entre superficies, de un objeto energizado y otro energizado o no, o persona, para garantizar que el segundo objeto o persona no se encuentre en riesgo de recibir descargas eléctricas desde el primero.
Efectivamente puesto ó conectado a tierra	Intencionalmente conectado a tierra a través de una conexión a tierra o conexión de suficiente baja impedancia y de capacidad de conducción de corriente para limitar la formación de tensiones a niveles menores de aquellos que resultarían en daños a las personas o a los equipos conectados.
Empalme	Unión de conductores que asegura su continuidad eléctrica y mecánica.
Estructura	Unidad principal de soporte. (1) en líneas generalmente se aplica al poste o torre adaptado para ser usado como medio de suspensión de los conductores de energía eléctrica. (2) en subestaciones también significa soporte o base de equipo de alta tensión tales como interruptores de potencia, pararrayos y otros.
Flameo	Ionización eléctrica del aire que produce un arco con una marca en el aislamiento.
Flecha	Es la distancia vertical medida de un conductor a la línea recta imaginaria que une los dos puntos de soporte del conductor en las estructuras. A menos que se diga lo contrario, la flecha es la que corresponde a la medida en el punto medio del vano.

Flecha inicial sin carga	La flecha de un conductor antes de aplicarle cualquier carga externa.
Flecha final	Es la flecha de un conductor bajo condiciones específicas de carga y temperatura aplicadas, después de que dicho conductor ha estado sujeto, durante un apreciable periodo de tiempo, a las condiciones de carga prescritas para la zona de carga en la que esta instalado o bien después de que se le ha aplicado, durante un lapso mínimo, una carga equivalente y que ésta haya sido removida, la flecha final incluye el efecto de la deformación inelástica.
Flecha final sin carga	Es la flecha de un conductor después de que ha estado sujeto, durante un apreciable periodo de tiempo, a las condiciones de carga prescritas para la zona de carga en la que esta instalado, o bien después de que se le ha aplicado, durante un lapso mínimo, una carga equivalente y que ésta haya sido removida, la flecha final sin carga incluye el efecto de la deformación inelástica.
Herrajes	Se denomina así a todos los elementos utilizados para la fijación de los aisladores al apoyo del conductor; los de fijación del cable de tierra al apoyo; los elementos de protección eléctrica de los aisladores y finalmente, los accesorios del conductor, como separadores, antivibradores, etc.
IEC	International Electrotechnical Commission.
IEEE	The Institute of Electrical and Electronics Engineers.
Libranza eléctrica	Ver distancia mínima de seguridad.
Línea aérea	Adaptación de componentes, destinados al transporte de energía eléctrica o señales de comunicación. Está

	constituida por conductores desnudos, forrados o aislados, tendidos en espacios abiertos y soportados por estructuras, con los accesorios necesarios para la fijación, separación y aislamiento de tales conductores.
Línea de suministro eléctrico	Son conductores utilizados para conducir energía eléctrica. Se incluye sus estructuras de soporte y los herrajes y accesorios necesarios. Estas líneas pueden ser aéreas o subterráneas.
Mensajero	Conductor de soporte sólido o trenzado para líneas de comunicación o de suministro eléctrico, que soporta, además de su propio peso, el peso de uno o más conductores o cables. No forma parte del circuito eléctrico.
NEC	National Electrical Code.
NESC	National Electrical Safety Code.
NFPA	National Fire Protection Association.
Nivel ceraúnico	Número de días con tormentas eléctricas registradas en un año.
NTDOID	Normas Técnicas de Diseño y Operación de las Instalaciones de Distribución, de la Comisión Nacional de Energía Eléctrica, CNEE.
NTCSTS	Normas Técnicas de Calidad del Servicio de Transporte y Sanciones de la CNEE.
NTSD	Normas Técnicas del Servicio de Distribución de la CNEE.
NTDOST	Normas Técnicas de Diseño y Operación del Servicio de Transporte de Energía Eléctrica.
Persona autorizada	Persona que es reconocida por la empresa que

representa, para intervenir en la operación y mantenimiento de una determinada instalación eléctrica de su propiedad o bajo su responsabilidad o persona que puede actuar en representación de una empresa pues cuenta con el reconocimiento de ésta.

S.I.

Sistema Internacional de unidades.

Sistema de tierra

Es un sistema de conductores, de los cuales uno de ellos o un punto de los mismos están efectivamente aterrizados, ya sea en forma sólida o a través de un dispositivo limitador de corrientes no interrumpible.

SN

Sistema nacional.

Sistema Nacional

Infraestructura total física y eléctrica del sistema eléctrico guatemalteco incluye plantas de generación, redes de transporte y distribución así como sistemas complementarios como de comunicaciones y de telecontrol y otros, estén conectados entre si o no.

SIN

Sistema Nacional Interconectado.

Sistema Nacional Interconectado

Parte del SN en la que sus elementos tienen conexión entre si.

Sobrecarga

Condición de trabajo de un equipo en que se excede de su capacidad nominal.

Sobretensión

Valor de tensión cresta que excede la que existe a través de las terminales de aislamiento, cuando todas las terminales de fase del equipo a la cual pertenece dicho aislamiento, están energizadas con las tensiones de fase a tierra.

Subestación de energía eléctrica ó subestación

Es la instalación ubicada en un ambiente específico y protegido, compuesta por equipos tales como; seccionadores, interruptores, barras, transformadores, etc., a través de la cual la energía eléctrica se transmite

con el propósito de conmutarla ó modificar sus características.

Subestación de conmutación

Subestación eléctrica destinada a conectar dos o más líneas con el propósito de interrumpir la continuidad de la energía eléctrica o de reorientar la dirección de la misma.

Subestación de transformación

Subestación eléctrica con transformadores para permitir el cambio de voltaje.

Tensión

A menos que se indique lo contrario, para los efectos de estas Normas tensión significa voltaje ó diferencia de potencial efectiva (rms) entre dos conductores o entre un conductor y tierra.

Vano

Distancia horizontal entre dos estructuras consecutivas.

Voltaje

Ver tensión.