



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

**ELABORACIÓN DE NORMAS TÉCNICAS DE EQUIPOS DE
POTENCIA, MEDICIÓN Y PROTECCIÓN PARA LA ETCEE-INDE Y
SU APLICACIÓN AL DISEÑO DE NUEVAS SUBESTACIONES**

Carlos Mauricio Yanes Vásquez

Asesorado por el Ing. Jorge Mario Méndez Nájera

Guatemala, julio de 2008

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ELABORACIÓN DE NORMAS TÉCNICAS DE EQUIPOS DE
POTENCIA, MEDICIÓN Y PROTECCIÓN PARA LA ETCEE-INDE Y
SU APLICACIÓN AL DISEÑO DE NUEVAS SUBESTACIONES**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR:

CARLOS MAURICIO YANES VÁSQUEZ
ASESORADO POR EL ING. JORGE MARIO MÉNDEZ NÁJERA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO ELECTRICISTA

GUATEMALA, JULIO DE 2008

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
VOCAL V	
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. José Guillermo Bedoya Barrios
EXAMINADOR	Ing. Jorge Mario Méndez Nájera
EXAMINADOR	Ing. Armando Gálvez Castillo
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 EQUIPOS DE POTENCIA, MEDICIÓN Y PROTECCIÓN PARA LA ETCEE-INDE Y SU APLICACIÓN AL DISEÑO DE NUEVAS SUBESTACIONES,

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



Carlos Mauricio Yanes Vásquez

Guatemala, 12 de febrero de 2007

Ing. Kenneth Issur Estrada Ruiz
Coordinador EPS
Escuela de Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala
Guatemala

Ing. Estrada

Por este medio informo a usted que he revisado el trabajo de Ejercicio Profesional Supervisado titulado **“ELABORACIÓN DE NORMAS TÉCNICAS DE EQUIPOS DE POTENCIA, MEDICIÓN Y PROTECCIÓN PARA LA ETCEE-INDE Y SU APLICACIÓN AL DISEÑO DE NUEVAS SUBESTACIONES”**, elaborado por el estudiante Carlos Mauricio Yanes Vásquez, el cual fue desarrollado y concluido en forma satisfactoria, cumpliendo con el contenido y objetivos fijados, en el entendido de que el autor de este trabajo y el suscrito, como asesor, somos responsables de su contenido.

Sin otro particular me suscribo de usted.

Atentamente


Ing. Jorge Mario Méndez Nájera
ASESOR



FACULTAD DE INGENIERIA

UNIDAD DE EPS

Guatemala, 19 de marzo de 2007
Ref. EPS. C. 206.03.07

Ing. Angel Roberto Sic García
Director Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Sic García.

Por este medio atentamente le informo que como Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) del estudiante universitario de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, **CARLOS MAURICIO YANES VÁSQUEZ**, procedí a revisar el informe final de la práctica de EPS, cuyo título es titulado **“ELABORACIÓN DE NORMAS TÉCNICAS DE EQUIPOS DE POTENCIA, MEDICIÓN Y PROTECCIÓN PARA LA ETCEE-INDE Y SU APLICACIÓN AL DISEÑO DE NUEVAS SUBESTACIONES”**.

Cabe mencionar que las soluciones planteadas en este trabajo, constituyen un valioso aporte de nuestra Universidad.

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”

Ing. Kenneth Issur Estrada Ruiz
Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Mecánica – Eléctrica



KIER/jm



Guatemala, 19 de marzo de 2007
Ref. EPS. C. 206.03.07

Ing. Renato Escobedo
Director Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Escobedo,

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **“ELABORACIÓN DE NORMAS TÉCNICAS DE EQUIPOS DE POTENCIA, MEDICIÓN Y PROTECCIÓN PARA LA ETCEE-INDE Y SU APLICACIÓN AL DISEÑO DE NUEVAS SUBESTACIONES”**.

Este trabajo lo desarrolló el estudiante universitario, **CARLOS MAURICIO YANES VÁSQUEZ**, quien fue asesorado por el Ing. Jorge Mario Méndez Nájera y supervisado por el Ing. Kenneth Issur Estrada Ruiz.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte del asesor y supervisor, en mi calidad de director apruebo su contenido; solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”

Ing. Ángel Roberto Sic García
Director Unidad de EPS



ARSG/jm



Guatemala, 18 de junio 2008.

FACULTAD DE INGENIERIA

Señor Director
Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería USAC.

Señor Director,

Me permito dar aprobación al trabajo de Graduación titulado:
ELABORACIÓN DE NORMAS TÉCNICAS DE EQUIPOS DE
POTENCIA, MEDICIÓN Y PROTECCIÓN PARA LA ETCEE-INDE
Y SU APLICACIÓN AL DISEÑO DE NUEVAS SUBESTACIONES.
del estudiante: CARLOS MAURICIO YANES VÁSQUEZ, por
considerar que cumple con los requisitos establecidos para tal fin.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para saludarle.

Atentamente,



DE ID Y ENSEÑANZA A TODOS

Ing. José Guillermo Rodríguez Barrios
Coordinadora Área de Potencia

JGEE/sro



FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, después de conocer el dictamen del Asesor, con el Visto Bueno del Coordinador de Área, al trabajo de Graduación del estudiante: CARLOS MAURICIO VANES VÁSQUEZ, titulado: ELABORACIÓN DE NORMAS TÉCNICAS DE EQUIPOS DE POTENCIA, MEDICIÓN Y PROTECCIÓN PARA LA ETCEE-INDE Y SU APLICACIÓN AL DISEÑO DE NUEVAS SUBESTACIONES, procede a la autorización del mismo.



Ing. Mario Renato Espinoza Martínez

DIRECTOR

GUATEMALA 09 DE JULIO 2008.



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, al trabajo de graduación titulado: **ELABORACIÓN DE NORMAS TÉCNICAS DE EQUIPOS DE POTENCIA, MEDICIÓN Y PROTECCIÓN PARA LA ETCEE-INDE Y SU APLICACIÓN AL DISEÑO DE NUEVAS SUBESTACIONES**, presentado por el estudiante universitario **Carlos Mauricio Yanes Vásquez**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE

Ing. Murphy Olympo Paz Recinos
DECANO



Guatemala, julio de 2008

ACTO QUE DEDICO A:

DIOS	Por las bendiciones y la luz divina con que guía mi camino.
LA VIRGEN MARÍA	Por guiarme y enseñarme que con amor todo se puede.
MI PAPÁ	SERGIO ANTONIO Que Dios le permita despertar del sueño eterno y que compartamos este triunfo.
MI MAMÁ	EDDA LILY Por haberme dado la vida y enseñarme valores.
MIS HERMANOS	SERGIO ANTONIO Y KARLA SIOMARA Por sus consejos y ejemplos.
MIS SOBRINOS	SERGIO, ANDREA Y DANIELA Que sea un ejemplo a seguir.
MI NOVIA	IVANIA ELIZABETH Por su amor y apoyo.
MIS TÍOS Y PRIMOS	Con mucho cariño.
A LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	Por el más generoso de los obsequios: la enseñanza.

AGRADECIMIENTO

Al Personal de la Empresa de Transporte y Control de Energía Eléctrica del INDE, que con sus conocimientos y colaboración hicieron posible el desarrollo del presente trabajo de graduación.

Al ingeniero Jorge Mario Méndez Nájera, por la confianza y orientación proporcionada.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	XVII
GLOSARIO	XXI
RESUMEN	XXIII
OBJETIVOS	XXV
INTRODUCCIÓN	XXVII
1. LEGISLACIÓN Y NORMATIVAS DEL SECTOR ELÉCTRICO EN GUATEMALA	1
1.1 Constitución Política de la República de Guatemala	1
1.2 Ley General de Electricidad	2
1.3 Reglamento de la Ley General de Electricidad	3
1.4 Comisión Nacional de Energía Eléctrica	4
1.5 Normativas de la Comisión Nacional de Energía Eléctrica	5
1.6 Reglamento del Administrador del Mercado Mayorista	7
1.7 Normativas del Administrador del Mercado Mayorista	8
2. TRANSMISIÓN DE ELECTRICIDAD EN GUATEMALA	11
2.1 Empresa de Transporte y Control de Energía Eléctrica	11
2.1.1 Creación	11
2.1.2 Función	11
2.1.3 Misión	11
2.1.4 Objetivos	12
2.2 Infraestructura de transmisión	12
2.2.1 Líneas de transmisión	12
2.2.2 Líneas de subtransmisión o distribución	13
2.2.3 Subestaciones	13

2.3	Empresas que operan en el SNI	13
2.3.1	Generadoras	13
2.3.2	Transmisoras	14
2.3.3	Distribuidoras	14
2.3.4	Comercializadoras	15
2.4	Interconexiones	15
2.4.1	Sistema de interconexión eléctrica países de América Central - SIEPAC	16
2.4.2	Interconexión eléctrica Guatemala – México 400 KV	16
3.	NORMAS TÉCNICAS PARA EQUIPOS DE POTENCIA, MEDICIÓN Y PROTECCIÓN PARA LA ETCEE-INDE	19
3.1	Norma técnica para interruptores de potencia	19
3.1.1	Alcance	19
3.1.2	Normas	19
3.1.3	Condiciones normales de servicio	20
3.1.4	Características generales	20
	3.1.4.1 Corrientes nominales de operación y corrientes de interrupción	22
3.1.5	Características de fabricación	23
	3.1.5.1 Condiciones de apertura y cierre del interruptor	26
3.1.6	Accesorios	27
3.1.7	Empaque, embalaje, embarque y almacenamiento	31
3.1.8	Control de calidad	32
	3.1.8.1 Pruebas de prototipo	32
	3.1.8.1 Pruebas de contaminación de los aislamientos externos	33
	3.1.8.2 Pruebas de rutina	33
	3.1.8.3 Pruebas de aceptación	33

3.1.8.4	Criterio de aceptación o rechazo de las pruebas	35
3.1.8.5	Certificación de las pruebas en fábrica	35
3.1.9	Instrucciones de montaje y operación	36
3.1.10	Información y documentación requerida en la oferta y entrega	36
3.1.11	Aprobación de planos	37
3.2	Norma técnica para seccionadores	38
3.2.1	Alcance	38
3.2.2	Normas	39
3.2.3	Características y condiciones generales	39
3.2.3.1	Características generales de fabricación	40
3.2.3.2	Mecanismos de operación	41
3.2.3.2.1	Mecanismos de operación eléctrica	41
3.2.3.2.2	Mecanismos de operación manual	42
3.2.3.2.3	Número de mecanismos de operación	42
3.2.3.2.4	Bastidores soporte	43
3.2.3.2.5	Estructura soporte del seccionador	43
3.2.3.3	Gabinete de control	44
3.2.3.3.1	Elementos del gabinete de control	44
3.2.3.3.2	Número de gabinetes de control	45
3.2.3.4	Accesorios	45
3.2.4	Condiciones de operación	46
3.2.5	Marcado	47
3.2.5.1	Placa de datos del seccionador desconectador	47
3.2.5.2	Placa de datos del motor del mecanismo de operación eléctrica	48
3.2.5.3	Placa de datos de la resistencia calefactora	48
3.2.5.4	Placa de datos del seccionador y mecanismos de puesta a tierra	48

3.2.6	Empaque, embalaje, embarque, transportación, descarga, Recepción, almacenaje y manejo	49
3.2.7	Control de calidad	50
3.2.7.1	Pruebas prototipo	50
3.2.7.2	Pruebas de rutina	51
3.2.7.3	Criterio de aceptación o rechazo de las pruebas	52
3.2.7.4	Certificación de las pruebas en fábrica	52
3.2.8	Instrucciones de montaje y operación	53
3.2.9	Información y documentación técnica requerida en la oferta y entrega	53
3.2.10	Aprobación de planos	54
3.3	Norma técnica para transformadores de instrumento	55
3.3.1	Alcance	55
3.3.2	Normas	56
3.3.3	Condiciones normales de servicio	56
3.3.4	Características generales	57
3.3.4.1	Para transformadores de corriente	57
3.3.4.2	Para transformadores de potencial inductivo	59
3.3.4.3	Para transformadores de potencial capacitivo	61
3.3.5	Características de fabricación	62
3.3.5.1	Características generales	62
3.3.5.2	Características particulares para construcción de transformadores de corriente	64
3.3.5.3	Características particulares para construcción de transformadores de potencial inductivo	65
3.3.5.4	Características particulares para construcción de transformadores de potencial capacitivo	66
3.3.6	Pruebas en fábrica	67

3.3.7	Información y documentación técnica requerida en la oferta y entrega	68
3.3.8	Aprobación de planos	68
3.4	Norma técnica para pararrayos	69
3.4.1	Alcance	69
3.4.2	Normas	70
3.4.3	Condiciones de diseño	70
3.4.4	Características técnicas	72
3.4.5	Control de calidad	72
3.4.6	Información y documentación técnica requerida en la oferta y entrega	74
3.4.7	Aprobación de planos	75
3.5	Norma técnica para reguladores de voltaje	76
3.5.1	Alcance	76
3.5.2	Normas	76
3.5.3	Disposiciones técnicas generales	77
3.5.4	Condiciones de diseño	77
3.5.5	Características constructivas	78
3.5.6	Características del controlador automático	79
3.5.7	Accesorios para funcionamiento	80
3.5.8	Control de calidad	81
3.5.9	Información y documentación técnica requerida en la oferta y entrega	82
3.5.10	Aprobación de planos	82
3.6	Norma técnica para transformadores de potencia	84
3.6.1	Alcance	84
3.6.2	Normas	84
3.6.3	Condiciones de diseño	85
3.6.3.1	Cantidad de transformadores	85

3.6.3.2	Capacidad	85
3.6.3.3	Tipo de servicio	86
3.6.3.4	Clase de enfriamiento	86
3.6.3.5	Número de fase	86
3.6.3.6	Número de devanados	86
3.6.3.7	Frecuencia	86
3.6.3.8	Elevación de temperatura	87
3.6.3.9	Altitud de operación	87
3.6.3.10	Tensiones nominales, tipos de conexión y valores de pruebas dieléctricas de devanados y nivel de aislamiento	87
3.6.3.10.1	Tensiones nominales	87
3.6.3.10.2	Tipos de conexión	88
3.6.3.10.3	Valores de pruebas dieléctricas y niveles de aislamiento	88
3.6.3.11	Desplazamiento angular	88
3.6.3.12	Designación de terminales y secuencia de fases	89
3.6.3.13	Impedancia y tolerancia	89
3.6.3.13.1	Transformadores de dos devanados	89
3.6.3.13.2	Transformadores de tres devanados	90
3.6.3.13.3	Autotransformadores	90
3.6.3.13.4	Tolerancia en la relación	90
3.6.3.14	Cambiador de derivaciones	90
3.6.3.14.1	Cambio de derivaciones con transformador desenergizado	90
3.6.3.14.2	Cambio de derivaciones con carga	91
3.6.3.15	Aisladores pasatapas (<i>Bushing</i>)	94
3.6.3.15.1	Características físicas	95
3.6.3.15.2	Aisladores pasatapas (<i>Bushing</i>) de	96

	alta tensión	
	3.6.3.15.3 Aisladores pasatapas (<i>Bushing</i>) de baja tensión y neutros	97
	3.6.3.15.4 Condiciones de los aisladores pasatapas utilizadas	97
3.6.3.16	Nivel de ruido promedio	98
3.6.3.17	Características de cortocircuito	99
3.6.3.18	Duración de la corriente de cortocircuito	99
3.6.3.19	Magnitud de la corriente de cortocircuito	99
	3.6.3.19.1 Características de cortocircuito del sistema	100
	3.6.3.19.2 Inclusión de impedancias adicionales	100
3.6.3.20	Tensión de alimentación del equipo auxiliar del transformador	100
3.6.3.21	Descargas parciales	100
3.6.3.22	Transformadores de corriente tipo <i>bushing</i>	101
3.6.4	Características de fabricación	101
	3.6.4.1 Sistemas de enfriamiento	101
	3.6.4.1.1 Sistema de enfriamiento ONAN	102
	3.6.4.1.2 Sistema de enfriamiento ONAN/ONAF	103
	3.6.4.2 Núcleo	105
	3.6.4.3 Devanados	105
	3.6.4.4 Tanques y cubiertas	106
	3.6.4.5 Tubería para alambrado	108
	3.6.4.6 Aceite dieléctrico	108
	3.6.4.7 Sistema de conservación del aceite	109
3.6.5	Accesorios	110
	3.6.5.1 Cambiador de derivaciones	110
	3.6.5.2 Indicador de nivel de aceite	110

3.6.5.3	Válvula de drenaje, muestreo, filtro y vacío	110
3.6.5.4	Accesorios de maniobras	111
3.6.5.5	Placas de datos	111
3.6.5.6	Gabinete de control	112
3.6.5.7	Indicador de temperatura de aceite	113
3.6.5.8	Indicadores de temperatura de los devanados (imagen térmica)	114
3.6.5.9	Tanque de expansión	114
3.6.5.10	Relevador de acumulación de gases	115
3.6.5.11	Transformador de corriente	115
3.6.5.12	Dispositivos de alivio de presión	116
3.6.5.13	Alambrados de control y fuerza	117
3.6.5.14	Accesorios de fijación	118
3.6.6	Recubrimiento y pintura	118
3.6.7	Pruebas y ensayos	119
3.6.7.1	Pruebas de rutina	119
3.6.7.2	Ensayos tipo	121
3.6.7.3	Ensayos especiales	122
3.6.7.4	Certificación de las pruebas en fábrica	122
3.6.7.5	Criterio de aceptación	123
3.6.8	Instrucciones de ensamble en campo	124
3.6.8.1	Instrucciones de montaje y operación	124
3.6.9	Embalaje y transporte	125
3.6.9.1	Monitoreo de cubas y parte activa	125
3.6.9.2	Embalaje	126
3.6.10	Supervisión de armado y puesta en servicio	128
3.6.11	Información y documentación técnica requerida en la oferta y entrega	128

3.6.12	Aprobación de planos	129
3.7	Norma técnica para bancos de capacitores	130
3.7.1	Alcance	130
3.7.2	Normas	131
3.7.3	Características de los capacitores	131
3.7.4	Características constructivas	132
3.7.4.1	Generales	132
3.7.4.2	Requerimientos especiales para los bancos de capacitores	133
3.7.4.3	Requerimientos especiales para unidades capacitivas	134
3.7.4.4	Disposiciones técnicas generales de las bobinas reactoras	135
3.7.5	Control de calidad	136
3.7.5.1	Pruebas prototipo	137
3.7.5.2	Pruebas de rutina	137
3.7.5.3	Pruebas e inspecciones en el sitio	138
3.7.6	Información y documentación técnica requerida en la oferta y entrega	138
3.7.7	Aprobación de planos	139
3.8	Norma técnica para reactores	140
3.8.1	Alcance	140
3.8.2	Normas	141
3.8.3	Características y condiciones generales	141
3.8.3.1	Placa de datos	143
3.8.3.1.1	Placa de datos para reactores en derivación	143
3.8.3.1.2	Paca de datos para reactores de neutro	144
3.8.3.2	Características de operación	145
3.8.3.2.1	Núcleo	145
3.8.3.2.2	Devanados	146

3.8.3.2.3	Tanques y cubiertas	146
3.8.3.3	Empaques	149
3.8.3.4	Accesorios y equipo auxiliar	149
3.8.3.5	<i>Bushings</i>	149
3.8.3.6	Gabinete centralizadores	150
3.8.3.7	Tablillas de conexión	150
3.8.3.8	Cableado	151
3.8.3.9	Placa de diagrama de conexiones	152
3.8.4	Condiciones de operación	152
3.8.5	Marcado	152
3.8.6	Empaque y embarque	153
3.8.7	Control de calidad	154
3.8.7.1	Reactores en derivación	154
3.8.7.1.1	Pruebas de rutina	154
3.8.7.1.2	Pruebas de prototipo	156
3.8.7.2	Reactores de neutro	156
3.8.7.2.1	Pruebas de rutina	156
3.8.7.2.2	Pruebas de prototipo	158
3.8.7.3	Pruebas a los <i>bushings</i> , relevador <i>Buchholz</i> y válvula de sobrepresión	158
3.8.7.4	Certificación de las pruebas en fábrica	158
3.8.7.5	Criterio de aceptación o rechazo de las pruebas	159
3.8.8	Instrucciones de montaje y operación	159
3.8.9	Información y documentación técnica requerida en la oferta y entrega	159
3.8.10	Aprobación de planos	160
3.9	Norma técnica para protecciones	161
3.9.1	Alcance	161
3.9.2	Normas	162

3.9.3	Información y documentación requerida	162
3.9.3.1	Con la oferta	162
3.9.3.2	A la recepción final de los bienes y servicios	163
3.9.4	Especificaciones generales para los esquemas de protección	163
3.9.4.1	Esquema de protección y medición de líneas de transmisión de 400 kV	163
3.9.4.2	Esquema de protección y medición de líneas de transmisión de 230 kV y 138 kV	165
3.9.4.3	Esquema de protección y medición de líneas de transmisión de 69 kV	167
3.9.4.4	Esquema de protección de bancos de transformadores de potencia	168
3.9.4.5	Esquema de protección y medición para interruptores de acoplamiento de barras	169
3.9.4.6	Esquema de protección de bancos de capacitores de 69 kV	169
3.9.4.7	Características generales para control, señalización y alarma	169
3.9.4.8	Características generales de los cableados de control protección y medida	170
3.9.5	Especificaciones generales de los equipos de protección	172
3.9.5.1	Características generales	172
3.9.5.2	Relevador de distancia de apertura tripolar	174
3.9.5.3	Relevador de distancia de apertura monopolar / tripolar 1	175
3.9.5.4	Relevador de distancia de apertura monopolar / tripolar 2	177
3.9.5.4.1	Características básicas	177
3.9.5.4.2	Bloque de terminales	179

3.9.5.4.3	Elementos de medición	179
3.9.5.4.4	Comunicación	180
3.9.5.4.5	Hardware y Software	180
3.9.5.5	Relevador de sobre corriente direccional	180
3.9.5.6	Relevador de sobre corriente no direccional	182
3.9.5.6.1	Requerimientos básicos	182
3.9.5.6.2	Hardware y Software	182
3.9.5.7	Relevador para falla de interruptor	183
3.9.5.8	Relevador diferencial para transformadores de potencia	183
3.9.5.9	Requisitos técnicos para el suministro del tablero de protección, medición y control	185
3.9.5.10	Relevador diferencial para barras colectoras	188
3.9.5.10.1	Características técnicas generales	188
3.9.5.10.2	Elementos de protección	189
3.9.5.10.3	Control	190
3.9.5.10.4	Comunicación	190
3.9.5.10.5	Software de programación	191
3.9.5.11	Unidad para gestión remota de protecciones	191
3.9.5.11.1	Requerimientos básicos	191
3.9.5.11.2	Hardware y Software	192
3.9.6	Disposiciones generales de los relevadores y esquemas de protección	192
3.9.6.1	Sincronización del sistema por medio de GPS	194
3.9.7	Control de calidad	195
3.9.7.1	Pruebas en fábrica	195
3.9.8	Información y documentación técnica requerida en la oferta y entrega	195
3.9.9	Aprobación de planos	196

3.9.10	Equipos de pruebas para diagnósticos	197
3.9.10.1	Tarjetas extensoras	197
3.9.10.2	Computador portátil para gestión de las protecciones en sitio	197
3.10	Norma técnica para medidores	198
3.10.1	Alcance	198
3.10.2	Normas	198
3.10.3	Características generales	199
3.10.3.1	Características de manufactura	199
3.10.3.2	Características de funcionamiento	199
3.10.3.3	Características técnicas de los medidores multifuncionales	201
3.10.3.3.1	Características del tablero frontal del medidor	205
3.10.3.3.2	Registro de datos y eventos del medidor	205
3.10.3.3.3	Comunicaciones del medidor	206
3.10.3.4	Características de compatibilidad con transformadores para instrumento	206
3.10.3.5	Interface con sistemas de control supervisorio y adquisición de datos	207
3.10.3.6	Intrefaz con otros sistemas de medición	207
3.10.4	Requerimientos de la medición	207
3.10.4.1	Contenido de las tablas del comportamiento de los medidores	208
3.10.4.2	Valores nominales de operación	208
3.10.5	Control de calidad	209
3.10.5.1	Pruebas de prototipo	209
3.10.5.1.1	Pruebas dieléctricas	209
3.10.5.1.2	Requisitos de exactitud	210

3.10.5.1.3	Pruebas eléctricas	211
3.10.5.1.4	Pruebas de compatibilidad electromagnética	211
3.10.5.1.5	Pruebas de influencia climáticas	212
3.10.5.1.6	Pruebas mecánicas	212
3.10.5.2	Pruebas de rutina	213
3.10.5.2.1	Pruebas funcionales	213
3.10.5.2.2	Prueba de corriente de arranque	213
3.10.5.2.3	Prueba de desplazamiento	213
3.10.5.2.4	Pruebas de exactitud	213
3.10.5.2.5	Pruebas de demanda	214
3.10.5.3	Criterio de aceptación o rechazo de las pruebas	214
3.10.5.4	Certificación de las pruebas en fábrica	214
3.10.6	Instrucciones de montaje y operación	215
3.10.7	Información y documentación técnica requerida en la oferta y entrega	215
3.10.8	Aprobación de planos	216
4	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARTICULARES PARA EQUIPOS DE POTENCIA, MEDICIÓN Y PROTECCIÓN	219
4.1	Especificaciones técnicas particulares para interruptores de potencia	219
4.2	Especificaciones técnicas particulares para seccionadores	219
4.3	Especificaciones técnicas particulares para transformadores de instrumento	225
4.3.1	Especificaciones técnicas particulares para transformadores de corriente	225
4.3.2	Especificaciones técnicas particulares para transformadores de potencial (inductivo o capacitivo)	228
4.4	Especificaciones técnicas particulares para pararrayos	231

4.5	Especificaciones técnicas particulares para reguladores de voltaje	233
4.6	Especificaciones técnicas particulares para transformadores de potencia	235
4.7	Especificaciones técnicas particulares para bancos de capacitores	242
4.8	Especificaciones técnicas particulares para reactores	245
4.9	Especificaciones técnicas particulares para protecciones	250
4.10	Especificaciones técnicas particulares para medidores	252
5	ANÁLISIS DE PROYECTOS CONSIDERADOS EN LA AMPLIACIÓN DEL SISTEMA NACIONAL INTERCONECTADO DE ACUERDO A LA NORMATIVA	255
5.1	Descripción del proyecto	255
5.2	Resultado del ensayo	256
	CONCLUSIONES	273
	RECOMENDACIONES	275
	BIBLIOGRAFÍA	277
	APÉNDICE 1	279
	APÉNDICE 2	289
	ANEXO 1	295
	ANEXO 2	297

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Infraestructura de transmisión	297
2.	Unificar subestación Guatemala Sur	298

TABLAS

I.	Líneas de 230 kV	279
II.	Líneas de 138 kV	279
III.	Líneas de 69 kV	280
IV.	Subestaciones del área central	281
V.	Subestaciones del área oriental	282
VI.	Subestaciones del área occidental	285
VII.	Tensiones nominales y valores de pruebas dieléctricas	297
VIII.	Corrientes nominales de operación y corrientes de interrupción	297
IX.	Distancia específica mínima de fuga y nivel de contaminación	298
X.	Tensión de control para relevadores, bobinas de apertura y cierre, señalización, alarmas y motores universales	298
XI.	Tensiones de equipos auxiliares como motores, contactores y resistencias calefactoras	298
XII.	Tensiones máximas de diseño y valores de pruebas dieléctricas	299
XIII.	Tensiones máximas de diseño y valores de pruebas dieléctricas	299

XIV.	Valores de corriente nominal y de prueba correspondiente a la tensión nominal del seccionador	300
XV.	Distancias de fuga y niveles de contaminación	300
XVI.	Tensión de equipos auxiliares de fuerza y control	301
XVII.	Tensión de resistencias calefactoras	301
XVIII.	Niveles de aislamiento	301
XIX.	Niveles de aislamiento para transformadores de potencial capacitivo	302
XX.	Exactitud y carga nominal	302
XXI.	Tensiones nominales y capacidad térmica	302
XXII.	Tensiones nominales y valores de pruebas dieléctricas	302
XXIII.	Distancia de fuga	303
XXIV.	Distancia específica de fuga y nivel de contaminación	303
XXV.	Pararrayos tipo estación	304
XXVI.	Valores del factor de asimetría	304
XXVII.	Capacidad de operar con sobrecarga	304
XXVIII.	Capacidad de operar con sobrevoltaje	304
XXIX.	Tensiones nominales y capacidades típicas de reactores de potencia autoenfriados	305 305
XXX.	Niveles de aislamiento recomendados para transformadores de potencia	306
XXXI.	Niveles de ruido audible máximo permitidos en reactores	306
XXXII.	Registros independientes a las bridas de fijación de los <i>bushings</i>	306
XXXIII.	Distancia de fuga y nivel de contaminación	307
XXXIV.	Límites de exactitud	307
XXXV.	Valores de corriente de arranque, corriente mínima, corriente nominal y corriente máxima que deben cumplir los medidores multifunción	307
XXXVI.	Límite de porcentaje de error de registro integrador de energía unidireccional y bidireccional medidor con cargas balanceadas	308
XXXVII.	Curva de carga a tensión nominal y ángulo de fase cero grados	308

XXXVIII.	Límites de porcentaje de error de registro integrador de demanda en intervalos de 15 minutos para la pantalla y de 5 minutos para la memoria masiva	308
XXXIX.	Límites de porcentaje de error de registro instantáneo en un segundo	309
XL.	Cantidades de influencia en la energía	309
XLI.	Coeficiente de temperatura (kWh)	310
XLII.	Condiciones de referencia	310
XLIII.	Carga máxima de cada circuito individual	310
XLIV.	Límites de tolerancia en el error	311
XLV.	Protocolo de pruebas de rutina	311

GLOSARIO

Contratista	Persona a la que se encarga la realización de una obra o servicio por contrato.
Diagrama unificar	En una subestación, es la conexión de todo el equipo de potencia de una subestación a través de un solo hilo.
Embalaje	Empaquetado o envoltorio adecuados para proteger objetos que se van a transportar.
Hardware	Conjunto de elementos materiales que constituyen el soporte físico de un ordenador.
Higroscópico	Capacidad de una sustancia para absorber agua de la atmósfera. En áreas secas tiene la propiedad de autosellarse y no perder agua.
Interfaz	Dispositivo que conecta dos aparatos o circuitos.
Proveedor	Persona o empresa que abastece de algunos artículos necesarios.
Relé Buchholz	Dispositivo empleado para la protección de transformadores eléctricos de potencia contra la formación de gases.

Software

Término genérico que se aplica a los componentes no físicos de un sistema informático.

Trafos

Abreviatura de la palabra transformadores.

RESUMEN

La ETCEE-INDE cuenta con recurso humano e infraestructura altamente calificada para el proceso de transmisión de energía eléctrica en líneas de 69 kV, 138 kV y 230 kV y con subestaciones de transformación de alto voltaje. Actualmente se construye la interconexión eléctrica Guatemala-México, la cual se llevará a cabo con líneas de 400 kV.

Para poder brindar un servicio de alta calidad y confiabilidad a sus usuarios la ETCEE-INDE trabaja bajo las leyes, reglamentos y normativos vigentes del sector eléctrico en el país, así como también lo hace conforme a los estándares internacionales de servicio eléctrico (ANSI, IEC).

Con el objetivo de estandarizar y normar la adquisición del equipo eléctrico se han elaborado las normas técnicas para interruptores, seccionadores, transformadores de instrumento, pararrayos, reguladores de voltaje, transformadores de potencia, bancos de capacitores, reactores, protecciones, y medidores.

Estas normas cuentan con los aspectos necesarios para el diseño de los equipos, así también para las condiciones normales y especiales de servicio, características generales y de fabricación.

También cuentan con los accesorios normales y especiales que deben suministrarse al solicitar determinado equipo, las normas internacionales que deben satisfacer estos, el control de calidad al que deben ser sometidos para su aprobación, este control debe satisfacer las pruebas prototipo, de rutina, de aceptación, ensayos o las requeridas por parte de la ETCEE.

A la vez hacen referencia a lo que concierne a: los criterios de aceptación o rechazo por parte de la ETCEE, a las certificaciones de las pruebas en fábrica, las instrucciones de montaje y operación, empaque, embalaje, embarque, almacenamiento, información y documentación técnica requerida en la oferta y entrega, y aprobación de planos. Algunas normas cuentan con Anexos que contienen información de valores más precisos.

Las especificaciones técnicas particulares sirven para indicar qué valores necesitan los equipos solicitados, así también, cuando se necesite que un valor dado en las normas sea diferente, se indica en estas especificaciones.

El ensayo realizado muestra el equipo que se necesitará para realizar una ampliación en la subestación Guatemala Sur, de un campo de salida de línea en 230 kV., en el cual se comprueba satisfactoriamente la aplicación de las especificaciones técnicas particulares.

OBJETIVOS

General

Elaborar normas técnicas para equipos de potencia, medición y protección, para la ETCEE-INDE y su aplicación al diseño de nuevas subestaciones.

Específicos

1. Establecer las características generales de los equipos de potencia, medición y protección, en servicio de la Empresa de Transporte y Control de Energía Eléctrica del INDE.
2. Definir las características generales mínimas que deben cumplir los equipos de potencia, medición y protección para la operación apropiada en el SNI.
3. Elaborar normas técnicas de equipos de potencia, medición y protección para la ETCEE-INDE, de acuerdo al cumplimiento de las normas nacionales e internacionales.
4. Proponer las características técnicas de equipos a emplear en nuevas subestaciones, las cuales serán consideradas en el plan de expansión entre los años 2006-2010 de la ETCEE-INDE.

INTRODUCCIÓN

La función de la ETCEE-INDE 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.

Además proporciona un servicio de transporte de energía eléctrica de alta calidad, de acuerdo a los estándares internacionales de servicio eléctrico y conforme a lo establecido en la legislación y normativa eléctrica vigente en el país.

LA ELABORACIÓN DE NORMAS TÉCNICAS PARA EQUIPOS DE POTENCIA, MEDICIÓN Y PROTECCIÓN PARA LA ETCEE-INDE Y SU APLICACIÓN AL DISEÑO DE NUEVAS SUBESTACIONES, es un beneficio para la Empresa de Transporte y Control de Energía Eléctrica del INDE, ya que de esta forma podrán estandarizar y normar la adquisición de equipo para ampliaciones de subestaciones, nuevas subestaciones u otras instalaciones que pretendan interconectarse a la red de la ETCEE-INDE, con lo cual brindarán a sus usuarios un mejor servicio.

El equipo utilizado en las nuevas subestaciones operará dentro de las especificaciones nacionales e internacionales de diseño y seguridad, lo cual hará que el servicio que presta ésta empresa sea más confiable.

Al realizar las instalaciones de agentes externos, se les garantizará, calidad del equipo a instalar y reducción de los índices de fallas, con lo que se obtendrá una mejora en la confiabilidad y la calidad de la energía suministrada al Sistema Nacional Interconectado.

1. LEGISLACIÓN Y NORMATIVAS DEL SECTOR ELÉCTRICO EN GUATEMALA

1.1 Constitución Política de la República de Guatemala

Hasta el año 1996 la oferta de energía eléctrica no era suficiente para satisfacer la demanda de la población, por lo que fue necesario aumentar la generación, transmisión y distribución de energía eléctrica, mediante la descentralización del sector eléctrico.

Es función del Estado establecer las normas jurídicas que regulen la descentralización del sector eléctrico, tal como se preceptúa en los Artículos 118, 119 y 129 de la sección décima de Principios del Régimen Económico y Social de la Constitución Política de la República de Guatemala.

El Artículo 118 define que: “Es obligación del Estado orientar la economía nacional para lograr la utilización de los recursos naturales y el potencial humano (...)”. En el Artículo 119, literal c) se establece que la obligación fundamental del Estado es: “Adoptar las medidas que sean necesarias para la conservación, desarrollo y aprovechamiento de los recursos naturales en forma eficiente”. El Artículo 129 declara: “(...) de urgencia nacional, la electrificación del país, con base en planes formulados por el Estado y las municipalidades, en la cual podrá participar la iniciativa privada”.

Al cumplir con el mandato contenido en el Artículo 130 de la Constitución Política de la República de Guatemala, que establece la desmonopolización del sistema de generación de energía eléctrica, se determinó que era urgente descentralizar y desmonopolizar los sistemas de transmisión y distribución de energía eléctrica.

Con base en lo anterior, en el inciso a) del Artículo 171 de la Constitución Política de la República de Guatemala, se decretó la Ley General de Electricidad.

1.2 Ley General de Electricidad

En el año 1986 se emitió la Ley 20-86, la cual daba incentivos para el aprovechamiento de las fuentes nuevas y renovables de energía. Esta ley fue derogada en 1996 con la emisión de la Ley General de Electricidad, según Decreto 93-96 del Congreso de la República de Guatemala.

Esta ley, en el Artículo 1, norma el desarrollo de las actividades de generación, transporte, distribución y comercialización de electricidad, a través de los siguientes principios generales:

- a. Es libre la generación de electricidad y para ello no se requiere autorización por parte del Estado, más que las reconocidas por la Constitución Política de la República de Guatemala y las leyes del país.
- b. Es libre el transporte de electricidad, cuando no sea necesario utilizar bienes de dominio público.
- c. Es libre el servicio de distribución privada de electricidad.
- d. El transporte de electricidad y el servicio de distribución final estarán sujetos a autorización, cuando impliquen la utilización de bienes de dominio público.
- e. Son libres los precios por la prestación del servicio de electricidad, mientras que los servicios de transporte y distribución están sujetos a autorización.

- f. Las transferencias de energía entre generadores, comercializadores, importadores y exportadores, que resulten de la operación del mercado mayorista, estarán sujetos a regulación.

Esta ley establece que el órgano del Estado responsable de formular y coordinar las políticas, planes de Estado, programas indicativos relativos al subsector eléctrico es el Ministerio de Energía y Minas; y, en el Artículo 4, se crea la Comisión Nacional de Energía Eléctrica, como un órgano técnico con independencia funcional para el ejercicio de sus atribuciones y funciones.

La separación de las funciones en la actividad eléctrica, se declara en el Artículo 7, el cual dicta que: “Una misma persona, individual o jurídica, al efectuar simultáneamente las actividades de generar y transportar y/o distribuir energía eléctrica en el Sistema Eléctrico Nacional -SEN- deberá realizarlo a través de empresas o personas jurídicas diferentes. (...)”.

En el Artículo 44, de esta Ley, se determina que la administración del Mercado Mayorista estará a cargo del Administrador del Mercado Mayorista, cumpliendo con las funciones de coordinar la operación, el establecimiento de precios de mercado de corto plazo y garantizar la seguridad y el abastecimiento de energía eléctrica.

1.3 Reglamento de la Ley General de Electricidad

Para la adecuada aplicación de la Ley General de Electricidad se emitió el Reglamento de la Ley General de Electricidad, según Acuerdo Gubernativo No. 256-97, de fecha 21 de marzo de 1997.

En el Artículo 29 de éste Reglamento se establece que la Comisión Nacional de Energía Eléctrica tendrá independencia funcional, su propio presupuesto y fondos

privativos, cuya función será la determinación de los precios y calidad de la prestación de los servicios de transporte y distribución de electricidad, controlar y asegurar las condiciones de competencia en el Mercado Mayorista, así como todas las demás responsabilidades que le asigna la Ley General de Electricidad y este Reglamento.

De acuerdo a lo estipulado en el Artículo 39 se considerarán como Agentes del Mercado Mayorista los generadores, comercializadores, distribuidores, importadores, exportadores y transportistas, cuyo tamaño supere los siguientes límites:

- a. Generadores que tengan una potencia firme de por lo menos 10 Megavatios (MW).
- b. Comercializadores que compren o vendan bloques de energía de por lo menos 10 Megavatios (MW).
- c. Distribuidores que tengan un mínimo de 20,000 usuarios.
- d. Transportistas con una potencia firme conectada mínima de 10 Megavatios (MW).

Estos límites serán revisados periódicamente y podrán ser modificados por el Ministerio de Energía y Minas, a fin de acomodarse a la realidad nacional. Los generadores, grandes usuarios, transportistas y distribuidores del Sistema Nacional Interconectado (SNI), que no cumplan con todos los requisitos de la condición de agente, pero que a juicio del AMM deben incorporarse a la actividad de coordinación de la operación técnica, serán reconocidos como integrantes por el Administrador del Mercado Mayorista.

1.4 Comisión Nacional de Energía Eléctrica

La Comisión Nacional de Energía Eléctrica fue creada, según Artículo 4 de la Ley General de Electricidad, como un órgano técnico del Ministerio de Energía y Minas. La Comisión cuenta con independencia para el ejercicio de sus funciones, entre las que se encuentran:

- a. Cumplir y hacer cumplir la Ley General de Electricidad y su Reglamento, e imponer sanciones a los infractores de la misma.
- b. Velar por el cumplimiento de las obligaciones de los adjudicatarios y concesionarios, proteger los derechos de los usuarios, prevenir conductas atentatorias contra la libre competencia y prácticas abusivas o discriminatorias.
- c. Definir las tarifas de transmisión y distribución sujetas a regulación, y la metodología para el cálculo de las mismas.
- d. Dirimir las controversias que surjan entre los agentes del subsector eléctrico.
- e. Emitir normas técnicas relativas al subsector eléctrico y fiscalizar su cumplimiento.
- f. Emitir disposiciones y normativas para garantizar el libre acceso y uso de las líneas de transmisión y redes de distribución.

1.5 Normativas de la Comisión Nacional de Energía Eléctrica

La Comisión Nacional de Energía Eléctrica, de acuerdo a lo establecido en la Ley General de Electricidad, creó las siguientes normas técnicas relativas al subsector eléctrico:

Normas técnicas del servicio de distribución (NTSD): fue emitida por medio de la Resolución 09-99, y modificada en su Artículo 25 por la Resolución 57-2003. Esta norma establece los derechos y obligaciones de los prestatarios y usuarios del servicio eléctrico de distribución, índices para calificar la calidad con que se proveen los servicios de energía eléctrica, tolerancias permisibles, métodos de control,

indemnizaciones, sanciones y/o multas, con respecto a la calidad del producto suministrado por el distribuidor, la incidencia del usuario en la calidad del producto, la calidad del servicio técnico y la calidad del servicio comercial.

Normas de estudio de acceso y uso de la capacidad de transporte (NEAST): según la Resolución 28-98 esta norma tiene como objetivo establecer el tipo y contenido de los estudios eléctricos para sistemas de potencia, que todo interesado debe presentar ante la CNEE, para nuevas instalaciones o ampliaciones de infraestructuras de generación, transmisión o distribución de energía eléctrica.

Normas técnicas de acceso y uso de la capacidad de transporte (NTAUCT): emitida por Resolución 33-98, donde se establece el tipo y contenido de los estudios eléctricos para sistemas de potencia, que todo interesado en acceder al sistema de transporte de energía eléctrica, debe presentar ante la Comisión Nacional de Energía Eléctrica. También se define el procedimiento a seguir en la evaluación de solicitudes de acceso a la capacidad de transporte existente y solicitudes de ampliación de la capacidad de transporte del sistema.

Normas de seguridad de presas (NSP): en la Resolución 29-99 se definen los requerimientos y se perfilan las normas para que las nuevas presas sean diseñadas y construidas para que sean seguras, y las presas existentes puedan ser evaluadas consistente y adecuadamente para identificar sus deficiencias de seguridad.

Normas técnicas de diseño y operación de las instalaciones de distribución (NTDOID): fue emitida según Resolución 47-99 y tiene por objeto establecer las disposiciones, criterios y requerimientos mínimos para asegurar que las mejoras y expansiones de las instalaciones de distribución de energía eléctrica, se diseñen y operen, garantizando la seguridad de las personas y la calidad del servicio.

Normas técnicas de diseño y operación del sistema de transporte (NTDOST): emitida por Resolución 49-99, donde se establecen las disposiciones, criterios y requerimientos mínimos para asegurar que las instalaciones del servicio de transporte operen garantizando la seguridad de las personas y la calidad del servicio.

Normas técnicas de calidad del servicio de transporte y sanciones (NTCSTS): Estas normas fueron emitida según Resolución 50-99, y modificadas en su Artículo 24 y 45 por Resolución 55-2003. Establecen los índices de referencia para calificar la calidad con que se proveen los servicios de energía eléctrica en el sistema de transporte en el punto de entrega, las tolerancias permisibles, los métodos de control, las indemnizaciones y las sanciones con respecto a la calidad del producto por parte del transportista, la incidencia de los participantes en la calidad del producto y la calidad del servicio técnico.

1.6 Reglamento del Administrador del Mercado Mayorista

En el Artículo 44 de la Ley General de Electricidad se determina la conformación, mecanismos de financiamiento y funcionamiento de la Administración de Mercado Mayorista; y en el Artículo 38 del Reglamento de la Ley General de Electricidad se establece que corresponde al Ministerio de Energía y Minas elaborar el reglamento específico que regule el funcionamiento del Administrador del Mercado Mayorista.

Este reglamento se emitió según Acuerdo Gubernativo No. 299-98, de conformidad con el Artículo 183, inciso e) de la Constitución Política de la República de Guatemala; y en él se definen los principios generales del Mercado Mayorista, así como la organización, funciones, obligaciones y mecanismos de financiamiento del Administrador del Mercado Mayorista.

Los productos y servicios que se compran y venden en el Mercado Mayorista son:

- a. Potencia eléctrica
- b. Energía eléctrica
- c. Servicios de transporte de energía eléctrica
- d. Servicios complementarios.

Los Artículos 14 y 15 del presente reglamento establecen el objetivo del Administrador del Mercado Mayorista, el cual es asegurar el correcto funcionamiento del Sistema Nacional Interconectado y de las interconexiones, y su función es realizar el despacho o programación de la operación, la coordinación de la operación del Sistema Nacional Interconectado, dentro de los requerimientos de calidad de servicio y seguridad, el posdespacho y la administración de las transacciones comerciales del Mercado Mayorista, respectivamente.

1.7 Normativas del Administrador del Mercado Mayorista

Entre las funciones del AMM se encuentra la coordinación de la operación de las centrales generadoras, interconexiones internacionales y líneas de transporte al mínimo costo; también la coordinación de las transacciones comerciales del mercado mayorista, a través de las Normas de Coordinación Operativa y las Normas de Coordinación Comercial, respectivamente. Estas normas fueron elaborada por el AMM y aprobadas por la CNEE.

Las Normas de Coordinación Comercial se refieren a:

Norma de Coordinación Comercial No. 1: Coordinación del despacho de carga

Norma de Coordinación Comercial No. 2: Oferta firme de los generadores

Norma de Coordinación Comercial No. 3: Transacciones de desvíos de potencia

Norma de Coordinación Comercial No. 4: Precio de oportunidad de la energía
Norma de Coordinación Comercial No. 5: Sobrecostos de unidades generadoras forzadas
Norma de Coordinación Comercial No. 6: Tratamiento de las pérdidas del sistema de transmisión
Norma de Coordinación Comercial No. 7: Factores de pérdidas nodales
Norma de Coordinación Comercial No. 8: Cargos por servicios complementarios
Norma de Coordinación Comercial No. 9: Cálculo del peaje en los sistemas de transporte principal y secundario
Norma de Coordinación Comercial No. 10: Exportación e importación de energía eléctrica
Norma de Coordinación Comercial No. 11: Informe de costos mayoristas
Norma de Coordinación Comercial No. 12: Procedimientos de liquidación y facturación
Norma de Coordinación Comercial No. 13: Mercado a término
Norma de Coordinación Comercial No. 14: Sistema de medición comercial

Las Normas de Coordinación Operativa contienen lo relacionado a:

Norma de Coordinación Operativa No. 1: Base de datos
Norma de Coordinación Operativa No. 2: Coordinación de la operación en tiempo real
Norma de Coordinación Operativa No. 3: Coordinación de servicios complementarios
Norma de Coordinación Operativa No. 4: Determinación de los criterios de calidad y niveles mínimos de servicio
Norma de Coordinación Operativa No. 5: Auditorías

2. TRANSMISIÓN DE ELECTRICIDAD EN GUATEMALA

2.1 Empresa de Transporte y Control de Energía Eléctrica

2.1.1 Creación

La empresa de Transporte y Control de Energía Eléctrica -ETCEE- se origina de la separación de funciones de la actividad eléctrica acordada en el Artículo séptimo y tercero transitorio de la Ley General de Electricidad. Esta institución fue creada por el Consejo Directivo del Instituto Nacional de Electrificación el 14 de octubre de 1997.

2.1.2 Función

Entre las funciones que desempeña la ETCEE se encuentran administrar, operar y mantener la infraestructura eléctrica de transporte, en los términos que estipula la Ley General de Electricidad; así como también planificar, diseñar, construir y supervisar las obras de infraestructura necesarias para el desarrollo de nuevos proyectos de inversión.

2.1.3 Misión

La misión de la ETCEE es proporcionar un servicio de transporte de energía eléctrica de alta calidad, de acuerdo a los estándares internacionales de servicio eléctrico y conforme a lo establecido en la legislación y normativa eléctrica vigente en el país.

2.1.4 Objetivos

La ETCEE se ocupa de cumplir con las políticas en materia de transporte de energía eléctrica emanada 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. Así como también de planificar y ejecutar el mejoramiento y la expansión del sistema de transporte, según las políticas institucionales, y obtener los ingresos que le corresponden por el uso del sistema de transporte.

2.2 Infraestructura de transmisión

La Empresa de Transporte y Control de Energía Eléctrica –ETCEE– para desarrollar el proceso de transmisión de energía eléctrica cuenta con recurso humano altamente calificado, y utiliza líneas de transmisión de 230 kV, 138 kV y de 69 kV.

Los voltajes de 230 kV y 138 kV cumplen funciones de transmisión debido a que enlazan las plantas de generación con los grandes centros de consumo así como las importaciones-exportaciones. Las líneas de 69 kV, en su mayor parte, cumplen funciones de subtransmisión y distribución.

La infraestructura de transmisión eléctrica en la república de Guatemala, está compuesta por líneas de transmisión en distintos voltajes, así como subestaciones eléctricas, se muestra en la Figura 1 (Véase Anexo 1).

2.2.1 Líneas de transmisión

A lo largo del país se encuentran distribuidas 57 líneas de transmisión, de las cuales 33 son de 230 kV y 24 de 138 kV. Tablas I y II (Véase Apéndice).

2.2.2 Líneas de subtransmisión o distribución

Las líneas de subtransmisión o distribución son de 69 kV. Actualmente se encuentran 88 de ellas en todo el país, Tabla III (Véase Apéndice).

2.2.3 Subestaciones

La ETCEE cuenta con 76 subestaciones de transformación de alto voltaje, para dar cobertura a toda la república, de las cuales 5 se encuentran en el área central del país, 36 en el área oriental y 35 en el área occidental. Estas subestaciones se encargan de transformar los distintos voltajes entre 69kV, 138kV y 230kV, Tablas IV, V y VI (Véase Apéndice).

2.3 Empresas que operan en el SNI

2.3.1 Generadoras

1. Central Agroindustrial Guatemalteca, S.A. (Ingenio Madre Tierra)
2. Central Generadora Eléctrica San José Ltda. (San José)
3. Compañía Agrícola Industrial Santa Ana, S.A. (Ingenio Santa Ana)
4. Electro Generación, S.A.
5. Generadora Eléctrica Central, S.A.
6. Concepción, S.A. (Ingenio Concepción)
7. Empresa de Generación de Energía Eléctrica del INDE (EGEE)
8. Generadora Eléctrica del Norte Limitada (GENOR)
9. Duke Energy International Guatemala y CIA, S.C.A.
10. Hidroeléctrica Secacao, S. A.
11. Ingenio La Unión, S. A.
12. Ingenio Magdalena, S. A.

13. Inversiones Pasabien, S.A.
14. Pantaleón, S.A. (Ingenio Pantaleón)
15. Puerto Quetzal Power LLC (PQP LLC)
16. Siderúrgica de Guatemala, S.A. (SIDEGUA)
17. Tampa Centroamericana de Electricidad, Ltda.
18. Textiles del Lago, S.A. (AMATEX)
19. Teccnogat, S. A.

2.3.2 Transmisoras

1. Empresa de Transporte y Control de Energía Eléctrica del INDE (ETCEE)
2. Transportista Eléctrica Centroamericana, S. A. (TRELEC)

2.3.3 Distribuidoras

1. Distribuidora de Electricidad de Occidente (DEOCSA)
2. Distribuidora de Electricidad de Oriente (DEORSA)
3. Empresa Eléctrica de Guatemala, S. A. (EEGSA)
4. EEM Gualán, Zacapa
5. EEM Guastatoya, El Progreso
6. EEM Huehuetenango
7. EEM Jalapa
8. EEM Joyabaj, El Quiché
9. EEM Puerto Barrios, Izabal
10. EEM Quetzaltenango
11. EEM Retalhuleu
12. EEM San Marcos
13. EEM San Pedro Pinula, Jalapa
14. EEM San Pedro Sacatepequez, San Marcos

15. EEM Santa Eulalia, Huehuetenango
16. EEM Zacapa.

2.3.4 Comercializadoras

1. Central Comercializadora de Energía Eléctrica, S.A. (CCEESA)
2. Comercializadora de Electricidad Centroamericana (CECSA)
3. Comercializadora Duke Energy de Centro América, Ltda.
4. Comercializadora Eléctrica de Guatemala, S.A. (COMEGSA)
5. Mayorista de Electricidad, S.A. (MEL)
6. Poliwatt, Limitada (POLIWATT)
7. Comercializadora Guatemalteca Mayorista de Electricidad, S.A. (GUATEMEL)
8. Globeleq Energy Guatemala, Ltda.
9. Comercializadora Electrica del Sur, S.A.
10. Comercializadora Electronova, S.A.
11. Contrataciones Eléctricas, S.A.
12. Empresa de Comercialización de Energía Eléctrica del INDE
13. Excelergy, S.A.
14. Comercializadora Comertitlan, S.A.

2.4 Interconexiones

A través de las Interconexiones eléctricas en la región se ingresa a mercados internacionales y regionales.

Actualmente se tiene una línea de interconexión en 230 kV con El Salvador, se tiene contemplado el desarrollo de dos sistemas de interconexión eléctrica con los países de la región, los cuales se expandirán al norte con México y al sur con el resto de los países centroamericanos.

2.4.1 Sistema de interconexión eléctrica países de América Central – SIEPAC

Este proyecto consiste en la creación y puesta en marcha de un mercado eléctrico centroamericano mayorista, denominado MER; y el desarrollo del primer sistema de transmisión regional, donde cualquier agente calificado podrá comprar o vender electricidad, no importando su ubicación geográfica.

Este proyecto se desarrollará a través de un sistema troncal indivisible de transmisión en 230 kV (línea SIEPAC), de 1830 kilómetros de longitud conectando a 16 subestaciones, desde la subestación Veladero en Panamá hasta la subestación el Cajón en Honduras, pasando por Costa Rica, Nicaragua, El Salvador y Guatemala; con un ramal entre las S/E Pavana y Suyapa en Honduras.

El SIEPAC se desarrollará con el propósito de ordenar las interrelaciones entre agentes del mercado y dar cumplimiento a los fines del Tratado Marco del Mercado Eléctrico Regional –MER-, el cual fue firmado por los presidentes de los países de América Central.

Se crearán como organismos regionales la Comisión Regional de Interconexión Eléctrica –CRIE-, ente regulador del Mercado Eléctrico Regional; el Ente Operador de la Red –EOR-, ente operador del mercado regional., y la Empresa Propietaria de la Línea –EPL-, empresa concesionaria de la línea SIEPAC, la cual será la encargada de su construcción, operación y mantenimiento.

2.4.2 Interconexión eléctrica Guatemala – México 400 KV

Este proyecto se hará posible con la construcción de una ampliación (salida de línea de 400 kV) de la subestación Tapachula Potencia, una línea de transmisión en 400

kV de 103 kilómetros de longitud (71 en territorio guatemalteco y 32 en mexicano) y una subestación de transformación 400/230 kV con capacidad de 375 MVA en la S/E Los Brillantes, Retalhuleu, Guatemala.

Con esta interconexión se lograrán beneficios derivados de los ahorros al compartir reserva rodante, excedentes de generación, apoyo y respaldo mutuo ante emergencias. También se contará con mayor seguridad y confiabilidad en el suministro eléctrico, posibilidad de transferencia de energía hacia el proyecto SIEPAC y de nuevas inversiones en plantas de generación derivadas de un Mercado Eléctrico Regional, y se cumplirá con la iniciativa meso-americana de interconexión energética (Plan Puebla Panamá).

3. NORMAS TÉCNICAS PARA EQUIPO DE POTENCIA, MEDICIÓN Y PROTECCIÓN PARA LA ETCEE-INDE

3.1 Norma técnica para interruptores de potencia

3.1.1 Alcance

El alcance del suministro debe incluir el diseño, fabricación, pruebas, acabados, empaque y embarque de cada uno de los interruptores solicitados.

3.1.2 Normas

Mientras no se indique explícitamente lo contrario dentro de esta norma, los interruptores deben satisfacer en general las normas aplicables de la IEC (Véase Apéndice 2) y particularmente las siguientes IEC 60056, 60265, 60694, 61058.

En todos los casos regirá la versión vigente de cada norma a la fecha de la convocatoria para el concurso o licitación, incluyendo los anexos, addendas, o revisiones vigentes de cada norma en dicha fecha.

En los aspectos no contemplados en dichas normas, el contratista podrá proponer otra norma alternativa, cuyo empleo estará sujeto a la aprobación de la ETCEE-INDE.

3.1.3 Condiciones normales de servicio

- a. Los interruptores deben diseñarse para sistemas sólidamente conectados a tierra.
- b. Los interruptores, incluyendo el mecanismo de operación y dispositivos auxiliares que forman parte integral del interruptor, deben diseñarse para operar satisfactoriamente a una temperatura ambiente de 40 °C y un promedio medido en un período de 24 h de 35 °C y una temperatura ambiente mínima de -25 °C.
Para condiciones especiales se solicitarán temperaturas correspondientes a 50 °C y -5 °C, lo cual se indicará en las especificaciones técnicas particulares.
- c. Se deben considerar dentro de las condiciones normales de servicio, las condiciones de humedad establecidas en la norma IEC 60694, bajo las cuales el interruptor debe operar correctamente.
- d. Los interruptores deben operar satisfactoriamente a su tensión nominal, a cualquier altitud de instalación. Las características eléctricas nominales indicadas en la Tabla VIII (Véase Anexo 2), se cumplen bajo las condiciones atmosféricas normalizadas.
- e. Los interruptores deben estar diseñados para operar satisfactoriamente bajo niveles de contaminación medio, alto o extra alto, según se indica en las especificaciones técnicas particulares, de acuerdo a la Tabla X (Véase Anexo 2).
- f. Los interruptores deben estar diseñados para soportar como mínimo, una velocidad de viento de 120 km/h y los esfuerzos debidos a las cargas de hielo.

3.1.4 Características generales

- a. Los interruptores cubiertos por esta norma son para servicio intemperie, tomando en consideración las condiciones de servicio normales o especiales establecidas.
- b. Todos los interruptores deben ser trifásicos.
- c. El medio de extinción del arco eléctrico debe ser gas SF₆ (hexafluoruro de azufre) a una sola presión.

- d. La frecuencia nominal de la tensión nominal de los interruptores debe ser de 60 Hz.
- e. Las tensiones nominales y valores de pruebas dieléctricas de los interruptores se indican en las especificaciones técnicas particulares y deben estar basados en la Tabla VII (Véase Anexo 2).
- f. Las tensiones transitorias de recuperación (TTR) por falla en terminales, relativas a los valores nominales de corriente de corto circuito, indicados en la Tabla VIII (Véase Anexo 2), deben cumplir con lo establecido en la norma IEC 60056.
- g. El intervalo de tiempo transcurrido desde la energización de la bobina de apertura hasta la extinción completa del arco en todos los polos, debe ser como máximo 50 ms.
- h. El intervalo de tiempo transcurrido desde la energización de la bobina de cierre, hasta el instante en que se toquen los contactos principales de todos los polos, debe ser como máximo 160 ms. La distancia de fuga de fase a tierra se calcula tomando en cuenta la distancia de fuga específica y la tensión nominal de fase a fase del interruptor, conforme la Tabla IX (Véase Anexo 2).
- i. El interruptor debe ser capaz de ejecutar a tensión y frecuencia nominales, la secuencia de operación establecida en la norma IEC 60056 para interruptores de recierre rápido. Los interruptores deben garantizar las siguientes diferencias en simultaneidad de tiempo de operación entre el primero y el último polo del interruptor:
 - En operación de cierre 3 ms, máximo.
 - En operación de apertura 2 ms, máximo.
- k. En aquellos interruptores donde exista más de una cámara de interrupción por polo, se debe garantizar que las diferencias de tiempo entre el primero y último contacto del mismo polo sean las siguientes:
 - En operación de cierre 2 ms, máximo.
 - En operación de apertura 2 ms, máximo.

1. Las tensiones de control y del equipo auxiliar del interruptor se indican en las especificaciones técnicas particulares y deben corresponder a las tensiones nominales indicadas en las Tablas X y XI (Véase Anexo 2). El interruptor debe operar satisfactoriamente con los límites de tensión indicados en las Tablas X y XI (Véase Anexo 2).

3.1.4.1 Corrientes nominales de operación y corrientes de interrupción

- a. La corriente nominal de los interruptores debe ser indicada en las especificaciones técnicas particulares y debe seleccionarse de los valores indicados en la Tabla VII (Véase Anexo 2).
- b. Corriente nominal de interrupción de corto circuito, de acuerdo a la norma IEC 60056.

La corriente nominal de interrupción de corto circuito de los interruptores debe seleccionarse de los valores indicados en la Tabla VIII (Véase Anexo 2).

- c. Corriente sostenida de corta duración, de acuerdo a la norma IEC 60056.
- d. Corriente de interrupción de carga de líneas en vacío, de acuerdo a la norma IEC 60056.

El interruptor debe ser capaz de interrumpir una corriente de carga de líneas en vacío del valor indicado en la Tabla VIII (Véase Anexo 2).

- e. Corriente de interrupción de carga de cables en vacío, en las condiciones indicadas en la norma IEC 60056.

El interruptor debe ser capaz de interrumpir una corriente de carga de cables en vacío del valor indicado en la Tabla VIII (Véase Anexo 2).

- f. Corriente de cierre en corto circuito.
- g. Corriente de interrupción en oposición de fases, debe cumplir con lo indicado en la norma IEC 60056.

- h. Corriente de operación con bancos de capacitores, debe cumplir con lo indicado en la norma IEC 60056.
- i. Corriente de operación con bancos de reactores, debe cumplir con lo indicado en la norma IEC 60056.
- j. Condiciones nominales para interrupción de falla en línea corta, cuyas características se indican en la norma IEC 60056.

3.1.5 Características de fabricación

- a. El medio de extinción del arco eléctrico debe ser gas SF₆ a una sola presión.
- b. Todas las partes conductoras de corriente del interruptor deben ser capaces de conducir la corriente nominal en forma continua, a tensión y frecuencia nominales, sin sufrir deterioros ni deformaciones y sin exceder las elevaciones de temperatura indicadas en la norma IEC 60694 y los contactos principales, de arqueo, resortes, etc., deben ser intercambiables y poder ajustarse en el campo, en caso de falla o mantenimiento.
- c. El material utilizado para la fabricación del aislamiento de la envolvente externa de las cámaras de extinción y de los aisladores, debe ser de porcelana.
- d. Todas las uniones metálicas de las columnas de porcelana y cámaras de arqueo deben hacerse por medio de bridas atornilladas, las cuales deben tener un maquinado adecuado en sus caras. Los empaques de estas bridas deben alojarse en cajas maquinadas para evitar sobrecompresiones y deben ser a prueba de la acción del gas SF₆.
- e. Cuando se requiera por el diseño del interruptor, de capacitores conectados en paralelo, el fabricante del interruptor debe proporcionar los reportes de prueba que evidencien que los capacitores de gradiente soporten la condición de oposición de fases a 2 veces la tensión máxima del equipo de fase a tierra a frecuencia del sistema por 5 min, seguida de períodos de desenergización mayores, de manera

que el tiempo acumulado en oposición de fases sea como mínimo de 500 h y que el sistema dieléctrico del capacitor tenga la vida útil del interruptor.

- f. El interruptor debe contar con un mecanismo de operación de energía almacenada, con control eléctrico local y remoto y también un dispositivo de control mecánico manual-local accesible, que permita la apertura de emergencia sin alimentación de energía eléctrica externa de control.
 - Los interruptores con tensiones de 300 kV y menores, se pueden suministrar con un mecanismo de operación por polo, lo cual se indicará en especificaciones técnicas particulares.
 - Para el caso de interruptores con aplicación de disparo y recierre monopolar en líneas de transmisión, se debe suministrar un mecanismo por polo, lo cual se indicará en especificaciones técnicas particulares.
- g. Para interruptores con tensiones iguales o menores de 145 kV, el tipo de energía almacenada del mecanismo de operación debe ser a resorte.
- h. Para interruptores con tensiones mayores de 145 kV, el tipo de energía almacenada del mecanismo de operación, puede ser de cualquiera de los tres tipos siguientes:
 - Resorte.
 - Neumática.
 - Hidráulica.
- i. El proveedor debe suministrar un bastidor soporte por polo para interruptores con tensión nominal igual o mayor a 245 kV. En el caso de interruptores de tensiones menores puede ser un bastidor soporte por polo o uno común para los tres polos, lo cual se indica en especificaciones técnicas particulares.
- j. La ETCEE-INDE diseñará la cimentación y en caso de que el fabricante tenga una recomendación particular, deberá indicarla en los planos e información correspondiente.
- k. Los gabinetes de control deben ser de lámina de aleación de aluminio o lámina de acero al carbón, y el espesor debe ser tal que resista el manejo de transporte, montaje y operación sin deformación permanente alguna.

Estos gabinetes deben ser para servicio intemperie y satisfacer los siguientes requisitos:

- Puertas embisagradas y provistas de empaque resistente a ambientes agresivos de contaminación marina e industrial. Así mismo se debe tener la facilidad de acceder su interior para la reposición y/o mantenimiento de todas sus partes.
 - Previsión para recibir, por su parte inferior, por medio de placa atornillada, un mínimo de 2 tubos conduit de 76 mm de diámetro para la llegada del cableado externo de la ETCEE-INDE.
 - Manija con previsión para candado.
 - Medios para sujeción, izaje y conexión a tierra.
- l. El proveedor debe suministrar la cantidad de cables para llevar a cabo el alambrado interpolares y de auxiliares hasta el gabinete de control central o maestro, instalado en alguno de los polos. Asimismo debe proporcionar el listado de cables para la interconexión entre polos y al gabinete maestro, de acuerdo a su diseño. El alambrado de control y de circuitos auxiliares deben cumplir con la especificación CFE E0000-01.
- m. Las terminales de los conductores deben ser del tipo punta (espada) o tipo ojo y sujetarse a las tablillas terminales por medio de tornillos, de acuerdo a la norma IEC 60947, y no se permiten más de dos conexiones del alambrado interno por punto de terminal.
- n. El interruptor debe contar con los dispositivos para las alarmas que le permitan detectar condiciones anormales en cámaras o mecanismos y con dispositivos de bloqueo que impidan la operación del interruptor al presentarse condiciones que pongan en riesgo la integridad y el funcionamiento correcto del interruptor, por quedar fuera de los límites de seguridad.
- o. Para interruptores de tanque muerto, los transformadores de corriente alojados en los bushings de cada fase, deben cumplir con lo siguiente:
- La relación de transformación puede ser de cualquiera de estas relaciones (1200/5; 1500/5; 2000/5; 3000/5) o de relación múltiple.

- La exactitud para protección lado fuente puede ser: C400 o C200.
- La exactitud para medición lado carga puede ser: 0.3 (B0.1 a B4.0) ó 0.3 (B0.1 a B2.0), según se indique en las especificaciones técnicas particulares.

3.1.5.1 Condiciones de apertura y cierre del interruptor

- a. El mecanismo del interruptor debe ser de disparo libre, eléctrico y mecánico, con dispositivo de antibombeo.
- b. El mecanismo de disparo debe disponer de contactos auxiliares que impidan el cierre del interruptor antes de que se haya completado la operación de apertura. Estos contactos auxiliares deben depender directamente del mecanismo principal de accionamiento, sin utilizar relevadores auxiliares.
- c. Para el control eléctrico del interruptor se debe suministrar lo siguiente:
 - Dos bobinas de apertura con circuitos independientes, con una disposición tal, que en caso de falla de una de ellas, no afecte el funcionamiento de la otra.
 - Una bobina para cierre.
- d. Las bobinas de apertura deben ser de operación directa dentro del intervalo de la tensión de operación y únicamente se intercalarán contactos auxiliares. No se aceptan dispositivos en serie con los circuitos de las bobinas de apertura, cuya falla evite la apertura del interruptor.
- e. Para interruptores con mecanismo en cada polo y cuando exista diferencia en la posición de los 3 polos del interruptor, éste debe contar con un esquema que detecte esta anomalía y vuelvan a abrir los polos que están cerrados después de 0.25 segundos, con ajustes hasta un (1) segundo y deje una señalización que indique que hubo discrepancia de polos.

3.1.6 Accesorios

- a. Indicador visual de la posición de apertura y cierre.
- b. Contador de ciclos de operación.
- c. Conmutador de contactos auxiliares.
- d. Conectores terminales.
- e. Placas de conexión a tierra del interruptor.
- f. Placa de datos.

El grabado complementario de la placa debe ser en idioma español y en el sistema internacional de unidades de medida, en bajorrelieve profundo, no se acepta el de tipo por golpe, excepto en el número de serie, año de fabricación y número de contrato.

- Placa de datos del interruptor. La placa debe incluir como mínimo los siguientes datos:
 - Nombre del equipo.
 - Nombre del fabricante y año de fabricación
 - Número de serie.
 - Tipo y modelo.
 - Tensión nominal (kV).
 - Nivel básico de aislamiento al impulso por rayo (kV).
 - Nivel básico de aislamiento al impulso por maniobra (kV).
 - Distancia de fuga (mm).
 - Frecuencia nominal (Hz).
 - Corriente nominal (A).
 - Corriente interruptiva de corto circuito (kA).
 - Secuencia nominal de operación.
 - Tipo de mecanismo.
 - Corriente sostenida de corta duración (un segundo) (kA).
 - Tensión de control de los dispositivos de cierre y apertura (VCD).

- Tensión de los circuitos auxiliares (VCA).
- Masa por polo del interruptor (kg).
- Carga de gas SF6 (kg).
- Presión de operación del SF6 (kPa).
- Presión de alarma del SF6 (kPa).
- Presión de bloqueo del SF6 (kPa).
- Instructivo de operación.
- Valor sísmico.
- Siglas ETCEE-INDE y número de contrato.
- Placa de datos del motor del mecanismo de operación.
Esta placa debe contener como mínimo los siguientes datos:
 - Nombre del fabricante.
 - Número de serie.
 - Tensión nominal (V).
 - Corriente nominal (A).
 - Frecuencia nominal (Hz).
 - Número de fases.
 - Potencia nominal (W).
 - Velocidad (r/min).
- Placa del mecanismo de energía almacenada, con excepción del mecanismo a resorte.
Esta placa debe contener los datos completos del sistema y como mínimo las siguientes:
 - Presión nominal (kPa).
 - Presión mínima de operación (kPa).
 - Presión máxima de operación (kPa).
 - Volúmenes de líquido o gas, indicando la presión y temperatura de referencia.

- Datos de las resistencias calefactoras. Los datos que se deben indicar son:
 - Tensión nominal (V).
 - Potencia (W).
 - Placa de datos de los transformadores de corriente, para protección o para medición. Estas placas deben contener los datos siguientes:
 - Marca.
 - Tipo.
 - Número de serie.
 - Relación.
 - Clase de exactitud.
 - Diagrama de conexiones.
- g. Para verificar las condiciones del gas SF₆, se requiere que el interruptor cuente con densímetros compensados por temperatura con intervalos de color indicando los valores de operación: nominal, alarma y bloqueo.
- h. Válvulas necesarias para llenado, drenaje, muestreo, de seguridad, etc., del sistema de gas SF₆.
- i. Cuando se requiera, por el diseño del interruptor, se deben suministrar anillos equipotenciales en cada polo del interruptor.
- j. Cuando se requiera por el diseño mismo del interruptor, se deben suministrar los dispositivos contra sismos, instalados en cada bastidor de los interruptores con tensiones de 230 kV y mayores.
- k. Se deben suministrar los siguientes accesorios normales para el tipo de mecanismo de operación suministrado con el interruptor.
- Mecanismo a resorte:
 - Indicador de carga del resorte.
 - Mecanismo de carga manual del resorte.
 - Manivela de carga manual con bloqueos eléctrico y mecánico.
 - Mecanismo hidráulico:
 - Manómetro indicador de presión del sistema hidráulico.

- Medio de conexión para acoplar al sistema hidráulico una bomba de aceite de emergencia.
 - Válvulas para llenado, drenaje y muestreo del aceite del mecanismo.
 - Válvulas de alivio de presión.
 - Mecanismo neumático:
 - Manómetro indicador de presión del sistema de aire comprimido.
 - Filtro y dispositivo de secado de aire, si se requiere por el diseño del interruptor.
 - Válvula de seguridad.
 - Válvula para purga de condensado colocada en la parte inferior del tanque.
 - Conexión para alimentación externa de aire.
- l. Cada polo del interruptor o el interruptor completo, en caso de un bastidor común para los tres polos, debe contar con los dispositivos de izaje, orejas y/o ganchos, necesarios para su levantamiento completo y maniobras, así como para el levantamiento y maniobras de las componentes principales de cada polo del interruptor.
- m. Cuando se indique en las especificaciones técnicas particulares, deben suministrarse resistencias de preinserción, las cuales forman parte del alcance del suministro.

Los requisitos de esta resistencia de preinserción se indican en las especificaciones técnicas particulares y son fundamentalmente los siguientes:

- Valor de la resistencia, en ohms.
- Número de pasos de la resistencia.
- Tiempo mínimo de preinserción.
- Capacidad térmica.

3.1.7 Empaque, embalaje, embarque y almacenamiento

El embalaje debe ser el adecuado para su manejo durante el transporte, recepción y almacenamiento, debiendo indicar el fabricante las recomendaciones correspondientes.

El equipo debe ser empacado y embarcado de acuerdo a lo indicado en la especificación CFE L0000-11 y conforme a lo siguiente.

- a. Las cámaras de interrupción deben embarcarse con gas SF₆, a la presión de transporte, adecuadamente selladas en fábrica con objeto de evitar la entrada de humedad. Adicionalmente cada cámara debe venir en una bolsa de plástico sellada herméticamente y conteniendo en su interior bolsas con material higroscópico. Deben estar protegidas contra golpes con material adecuado y en cajas de madera firmemente soportadas para evitar deslizamientos.
- b. Las barras de accionamiento, los gabinetes de control, empaques y accesorios de montaje, deben protegerse para su envío y almacenamiento, en una bolsa de plástico sellada herméticamente con objeto de evitar la entrada de humedad y conteniendo en su interior bolsas con material higroscópico. Deben estar protegidos con material adecuado contra golpes y en cajas de madera firmemente soportadas para evitar deslizamientos.
- c. Los aisladores soporte y bastidor deben embarcarse en cajas de madera a prueba de impactos con varios elementos de sujeción a lo largo del aislador soporte y del bastidor.
- d. En cada caja o bulto debe pintarse con letra visible lo siguiente:
 - Número de serie.
 - Número consecutivo de caja.
 - Tensión y corrientes nominales.
 - Número de contrato.
 - Nombre de la instalación (planta o subestación) y ubicación geográfica.

- Ejes del centro de gravedad.
 - Indicación de puntos de izaje.
 - Masa en kg.
 - Posición de almacenamiento.
 - Condiciones de almacenamiento.
- e. Antes de que el equipo sea embarcado, todas las superficies maquinadas deben protegerse contra la intemperie, con un barniz o compuesto apropiado, fácilmente removible o bien con una capa de grasa en las partes que no admitan lo anterior.
- f. Todas las partes del interruptor, incluyendo las de repuesto, deben enviarse en cajas debidamente identificadas y protegidas para evitar el deterioro de las partes durante su almacenamiento.

3.1.8 Control de calidad

La ETCEE-INDE sancionará la documentación correspondiente al aseguramiento de calidad del fabricante, incluyendo los certificados y reportes de las pruebas de prototipo y de rutina.

3.1.8.1 Pruebas de prototipo

Las pruebas de prototipo al interruptor completo son las que se indican en la cláusula 6 de la norma IEC 60056.

El proveedor debe presentar evidencia documental, incluyendo la memoria de cálculo del modelo representativo o el reporte de pruebas del equipo que muestre que el interruptor cumple con los niveles de calificación sísmica que están garantizando.

3.1.8.1.1 Prueba de contaminación de los aislamientos externos

La prueba de contaminación se realiza con el método de niebla salina sometiendo al aislamiento a un proceso de preacondicionamiento de acuerdo a la norma IEC 60507.

La prueba de aguante a la concentración de contaminación (salinidad) especificada y el criterio de aceptación son los indicados en la misma norma.

La tensión de prueba fase-tierra y entre las terminales del interruptor es igual a la tensión máxima de diseño del interruptor dividida entre $\sqrt{3}$.

El interruptor bajo prueba debe soportar tres ensayos de cuatro oportunidades, cada uno de una hora de duración.

En la IEC 60694, puntos 5.14 y 6.2.8 se proporcionan requerimientos y alternativas para la realización de las pruebas de contaminación, mismas que son aplicables para esta norma.

3.1.8.2 Pruebas de rutina

Dentro del alcance del suministro, se deben considerar las pruebas de rutina, las cuales deben cumplir con la cláusula 7 de la norma IEC 60056, y debe realizarse al 100% de los interruptores.

3.1.8.3 Pruebas de aceptación

El fabricante debe mostrar evidencias del control de calidad de sus proveedores como mínimo de:

- Calidad del gas SF6.

- Calidad del aceite hidráulico del mecanismo de operación (sí aplica).
- Aisladores o *bushings*.

Las pruebas de aceptación son las indicadas a continuación:

- Tensión de aguante a 60 Hz en seco al circuito principal.
Los valores de la tensión de prueba para interruptor abierto e interruptor cerrado se indican en la Tabla VIII (Véase Anexo 2).
- Tensión de aguante a 60 Hz a circuitos auxiliares y de control, de acuerdo a la norma IEC 60694.
- Medición de la resistencia óhmica en el circuito principal, esta prueba debe estar de acuerdo con los requerimientos establecidos en cláusula 7.3 de la norma IEC 60694.
- Pruebas de operación mecánica
 - A tensión de control y presión nominales del mecanismo de operación:
 - Cinco operaciones de cierre-apertura.
 - Cinco operaciones de apertura-cierre-apertura.
 - A 85 % de la tensión de control y presión nominal del mecanismo de operación:
 - Cinco operaciones de cierre.
 - Cinco operaciones de apertura.
 - A 110 % de la tensión de control y presión nominal del mecanismo de operación:
 - Cinco operaciones de cierre.
 - Cinco operaciones de apertura.
 - A 110 % de la presión nominal del mecanismo de operación (sí aplica) y a la tensión nominal de control:
 - Cinco operaciones de cierre.
 - Cinco operaciones de apertura.

- A 85 % de la presión nominal del mecanismo de operación (sí aplica) y a tensión nominal de control:
 - Cinco operaciones de cierre.
 - Cinco operaciones de apertura.

Durante las pruebas de operación mecánica no se permiten ajustes y no deben presentarse fallas en la operación.

- e. Verificación de los tiempos de apertura y cierre.
- f. Verificación de la simultaneidad del tiempo de operación.
- g. Recubrimientos anticorrosivos.

3.1.8.4 Criterio de aceptación o rechazo de las pruebas

Cualquier unidad podrá ser rechazada sin perjuicio para el INDE, si durante el proceso de pruebas en fábrica se presentan diferencias.

3.1.8.5 Certificación de las pruebas en fábrica

Cuando sea solicitado en los términos de referencia, las pruebas en fábrica deberán ser certificadas por un ingeniero especialista. El certificador deberá pertenecer a un laboratorio de pruebas de prestigio a nivel mundial como *KEMA Consulting* de Holanda, *CESI* de Italia o *LAPEM* de México o empresa certificadora de pruebas con experiencia la cual deberá documentarse plenamente en la oferta. El costo de dicha supervisión correrá por cuenta del contratista.

Este certificador deberá hablar idioma español, el trabajo del certificador será revisar todos los procedimientos de pruebas, revisión de equipos de pruebas y avalará la ejecución de las mismas, a efecto estas se hagan de acuerdo a las normas acordadas en la oferta y cumpliendo con los valores ofertados de diseño.

El fabricante deberá estar en la disposición de modificar cualquiera de los procedimientos de prueba que requiera el certificador.

La certificación de la validación de las pruebas será emitida por la empresa del certificador contratada por el contratista, debiendo entregarla directamente esta empresa al supervisor en original y dos copias en un plazo máximo de 8 días después de finalizadas todas las pruebas solicitadas en estos términos de referencia.

3.1.9 Instrucciones de montaje y operación

- a. El proveedor debe entregar un ejemplar del instructivo de montaje, operación y mantenimiento en forma compacta, el cual debe contener información de todos los equipos y accesorios con que cuentan los interruptores.
- b. El ejemplar comprende un instructivo específico para instalación, operación y mantenimiento en el cual se incluya su descripción, modo de operación, diagramas esquemáticos y de conexiones, curvas de operación, valores de operación y precauciones de montaje.

3.1.10 Información y documentación técnica requerida en la oferta y entrega

El proveedor deberá documentar la oferta con catálogos de equipos que está ofertando, los cuales serán empleados en la evaluación correspondiente. Los catálogos y otra documentación técnica podrán ser en idioma español o inglés exclusivamente.

Adicionalmente, el proveedor deberá entregar por cada equipo la siguiente documentación al momento de la entrega definitiva del suministro en la bodega de INDE:

- a. Documentación técnica que contenga toda la información característica del suministro.
- b. Resultados de calibraciones y pruebas de fábrica.
- c. Guía de uso y mantenimiento.
- d. Manuales de montaje, operación y mantenimiento.
- e. Manuales de configuración y ajustes del Software de protección.

3.1.11 Aprobación de planos

El proveedor deberá presentar al supervisor del contrato para aprobación dos (2) juegos de planos y lista de accesorios incluidos en el suministro, previo al inicio de fabricación de los equipos.

Los planos proporcionados por el proveedor para aprobación deberán presentarse en originales y una copia. El proveedor deberá presentar los planos que se indican a continuación:

- Planos esquemáticos.
- Planos de dimensiones físicas.
- Placa de características.
- Planos dimensionales de anclaje (cuando aplique).
- Planos eléctricos de operación (cuando aplique).

Quedará en resguardo de ETCEE-INDE el juego de planos originales y se devolverá la copia con la aprobación respectiva y/u observaciones para su construcción. El supervisor del contrato o personal técnico designado por la GERENCIA realizará la evaluación y aprobación correspondiente de los planos; para lo cual contará con quince (15) días hábiles para el efecto.

El proveedor deberá incluir el tiempo de aprobación de los planos dentro del tiempo contemplado para la entrega del suministro y para la vigencia de la carta de crédito.

Si los planos presentan incongruencias, es necesario realizar correcciones o no se presenta la información completa; el supervisor del contrato o el personal técnico designado por la GERENCIA para la revisión de los mismos; solicitará que se amplíe o corrija la información correspondiente; sin responsabilidad en el atraso que el proveedor pueda incurrir en la entrega del suministro por tales observaciones.

3.2 Norma técnica para seccionadores

3.2.1 Alcance

Esta norma establece los requisitos técnicos para el diseño, fabricación, pruebas en fábrica y pruebas en sitio de seccionadores y seccionadores con cuchillas de puesta a tierra, para voltajes de operación comprendidos entre 69 kV, 138 kV y 230 kV.

La presente norma cubre los siguientes tipos de seccionadores:

- a. De tres columnas de aisladores, apertura vertical (Tipo A, según ANSI C37.32).
- b. De tres columnas de aisladores doble apertura lateral (Tipo B, según ANSI C37.32).
- c. De dos columnas de aisladores, apertura central (Tipo E, según ANSI C37.32).
- d. De tres columnas de aisladores, alcance vertical (Tipo J, según ANSI C37.32).
- e. Cuchillas de puesta a tierra, para operación independiente, o conjuntamente con los tipos de seccionadores antes indicados.

Se excluyen expresamente de estas normas los seccionadores en SF6 que forman parte de un sistema encapsulado integral (*Gas Insulated Substation – GIS*).

3.2.2 Normas

Mientras no se indique explícitamente lo contrario dentro de esta norma, los seccionadores deben satisfacer en general las normas aplicables ANSI e IEC (Véase Apéndice 2), particularmente ANSI/IEEE C37.32 y las IEC 60694 y la publicación No. 129 de dichas normas.

En todos los casos regirá la versión vigente de cada norma a la fecha de la convocatoria para el concurso o licitación, incluyendo los anexos, addendas, o revisiones vigentes de cada norma en dicha fecha.

En los aspectos no contemplados en dichas normas, el contratista podrá proponer otra norma alternativa, cuyo empleo estará sujeto a la aprobación de la ETCEE-INDE.

3.2.3 Características y condiciones generales

- a. Las tensiones nominales y valores de pruebas dieléctricas de los seccionadores se indican en las Tablas XII y XIII, (Véase Anexo 2).
- b. La corriente nominal de los seccionadores debe ser la indicada en las especificaciones técnicas particulares y debe estar de acuerdo con lo indicado en la Tabla XIV (Véase Anexo 2).
- c. El seccionador debe ser capaz de conducir una corriente de aguante de corta duración en posición cerrada, durante el intervalo de 1s, cuyo valor se indica en las especificaciones técnicas particulares y debe estar de acuerdo con lo señalado en la Tabla XIV (Véase Anexo 2).

- d. La distancia específica mínima de fuga de los aisladores debe estar referida a la tensión nominal de fase a fase del seccionador para esto, se requiere cumplir con lo indicado en la Tabla XV (Véase Anexo 2).
- e. Las tensiones del equipo eléctrico del mecanismo de operación de los seccionadores así como de las resistencias calefactores, se indican en las especificaciones técnicas particulares y deben corresponder a cualquiera de las tensiones nominales indicadas en las Tablas XVI y XVII (Véase Anexo 2).
- f. El tipo de construcción de los seccionadores se indica en las especificaciones técnicas particulares y debe estar de acuerdo con lo siguiente:
 - De apertura vertical.
 - De apertura horizontal central.
 - De doble apertura lateral.
 - Tipo pantógrafo (de alcance vertical).
 - Seccionador tipo V, de apertura central y apertura lateral.
- g. El tipo de montaje de los seccionadores referido a la base, se debe indicar en las especificaciones técnicas particulares y deben incluir los siguientes tipos:
 - Para montaje horizontal.
 - Para montaje vertical.

En el diseño y fabricación del mecanismo de operación de los seccionadores se debe tomar en consideración el tipo de montaje.

3.2.3.1 Características generales de fabricación

- a. Todas las partes conductoras de corriente del seccionador deben ser capaces de conducir la corriente nominal en forma continua, a tensión y frecuencia nominales, sin sufrir deterioro ni deformaciones. y sin exceder las elevaciones de temperatura indicadas en la norma IEC 60694.

- b. Todas las partes conductoras de corriente de los seccionadores deben ser de cobre, aluminio o una aleación de éstos.
- c. Los dedos de la parte hembra, así como la parte fija de los contactos principales, deben ser de un material a base de cobre con baño de plata de tal manera que se cumpla con lo indicado en la norma IEC 62271-102.
- d. El sistema de resorte de la parte hembra del contacto principal, deben ser de alta elasticidad, aún al estar sometido a altas temperaturas.
- e. Los contactos principales, de arqueo, resortes, entre otros, deben ser cambiables y poder ajustarse en el campo, de acuerdo a un calibrador en caso de requerirse.
- f. El proveedor debe proporcionar las tolerancias para el ajuste de los elementos de la cuchilla y fundamentalmente de los contactos principales.
- g. Los elementos conductores de corriente, no deben ensamblarse con calzas o laines, para eliminar posibles falsos contactos.
- h. Toda la tornillería de sujeción y apriete que se utilice en el ensamble de la cuchilla, debe ser instalada y fijada con el par mínimo de reutilización especificado por la norma NMX-J-395-ANCE.

3.2.3.2 Mecanismos de operación

El seccionador debe contar con un mecanismo para apertura y cierre, eléctrico y de operación manual por cada polo, excepto cuando se indique un mecanismo de operación común para los tres polos. La operación manual únicamente se requiere para montaje y mantenimiento.

3.2.3.2.1 Mecanismos de operación eléctrica

Debe contar con elementos de transmisión, varillas de mando, coples, engranes, levas, flechas, resortes, baleros autolubricados y demás componentes, accionado por medio de un motor eléctrico.

La tensión del motor eléctrico se indica en las especificaciones técnicas particulares y esta basada en la Tabla XVI (Véase Anexo 2).

3.2.3.2.2 Mecanismos de operación manual

Debe contar con una palanca de mando o una manivela, para la operación de apertura y cierre en forma manual del seccionador.

- a. La manivela de operación manual debe ser desmontable.
- b. Al insertar la manivela de operación manual, se debe desligar el mecanismo de operación del motor y también debe quedar bloqueado eléctricamente el mecanismo de operación eléctrica.
- c. La manivela de operación manual debe ser operada a un metro de altura sobre el piso.
- d. Deben proveerse los elementos necesarios, con objeto de fijar la manivela de hacinamiento en las posiciones extremas de apertura y cierre del seccionador, para que la hoja de la cuchilla quede asegurada en sus posiciones finales.

3.2.3.2.3 Número de mecanismos de operación

- a. En seccionadores con tensiones de 230 kV y mayores, se debe suministrar un mecanismo de operación eléctrico y uno de operación manual por polo.
- b. En seccionadores con tensiones de 230 kV se debe suministrar un mecanismo de operación eléctrico y uno de operación manual para su operación tripular.
- c. En seccionadores con tensiones menores de 230 kV, se debe suministrar un mecanismo de operación eléctrica y uno de operación tripular.

3.2.3.2.4 Bastidores soporte

El proveedor debe suministrar un bastidor soporte por polo para seccionadores de 230 kV y mayores.

En el caso de seccionadores de tensiones menores, puede ser un bastidor soporte por polo o uno común para los tres polos, según se indique en las especificaciones técnicas particulares.

La fabricación de este bastidor soporte debe ser tal, que además de la masa del seccionador, soporte los esfuerzos producidos por las operaciones de apertura y cierre y los producidos por los agentes externos tales como presión de vientos, vibraciones y sismos, tomando en cuenta los valores proporcionados en las especificaciones técnicas particulares.

3.2.3.2.5 Estructura soporte del seccionador

La estructura soporte sobre la cual se monta el bastidor soporte del seccionador, se hace tomando en cuenta las alturas de seguridad sobre el piso. La ETCEE-INDE indica en las especificaciones técnicas particulares la altura aproximada de esta estructura soporte.

3.2.3.3 Gabinete de control

El gabinete de control debe ser de aleación de aluminio o lámina de acero, de acuerdo con tipo 3 de la NMX-J-235/2-ANCE-2002, en cuyo caso se debe utilizar un sistema de recubrimientos anticorrosivos, con una preparación de superficie con abrasivos a presión a metal blanco (CFE-PAB), con un primario orgánico de cinc epoxipoliamida (CFE-P9), aplicando en una capa de 50 a 75 μm de espesor seco y un acabado vinílico alto sólido (CFE-A5), aplicando en una capa con un espesor de 75 a 100 μm de color gris claro, de acuerdo a las especificaciones CFE-L0000-15, D8500-01 y D8500-02.

- a. Puerta embisagrada y provista de empaque.
- b. Barra de neutro.
- c. Previsión para recibir 3 tubos conduit de 101 mm de diámetro interior por su parte inferior del gabinete para la llegada del cableado externo de la ETCEE-INDE.
- d. Manija con previsión para candado.
- e. Medios para sujeción, izaje y conexión a tierra.

3.2.3.3.1 Elementos del gabinete de control

El gabinete de control debe contener como mínimo los siguientes elementos de acuerdo a la especificación CFE-54000-48:

- a. Resistencia calefactora y control con termostato. (Véase Tabla XVII, Anexo 2).
- b. Elementos necesarios para el control eléctrico local, con dispositivo de seguridad que evite la operación no intencional.
- c. Un interruptor termomagnético general.
- d. Una combinación de un interruptor termomagnético y arrancador directo a la línea, para alimentación y protección del motor del mecanismo eléctrico.

- e. Tablillas de control.
- f. Tablillas del circuito de fuerza.
- g. El proveedor debe suministrar la cantidad de cables necesarios para llevar a cabo el alambrado interpolar y de auxiliares hasta el gabinete de control de cada polo y al gabinete común o maestro, instalado en alguno de los polos, o independiente.

El alambrado de los circuitos auxiliares de control y de fuerza debe ser hecho por el proveedor, atendiendo los requisitos de interconexión, arreglo y trayectoria que el INDE sugiera.

3.2.3.3.2 Número de gabinetes de control

En seccionadores con tensiones de 230 kV y menores se debe suministrar únicamente un gabinete de control que debe contener como mínimo lo siguiente:

- a. Un interruptor termomagnético general para la alimentación de los tres polos.
- b. Un interruptor de control de contactos momentáneos de 20 A y 600 V CA, para la operación de apertura o cierre simultánea de los tres polos.
- c. Previsión conectada a tablillas terminales para la operación remota de apertura o cierre simultánea de los tres polos.
- d. Resistencia calefactora y control con termostato, protegida con rejilla metálica y fusibles en caso de suministro de otro gabinete.
- e. Una placa de diagramas de interconexión.

3.2.3.4 Accesorios

- a. Un conmutador de contactos auxiliares por polo.
- b. Seis conectores terminales por cada seccionador desconectador tripolar.

- c. Dos placas de conexión a tierra por cada bastidor soporte del polo de los seccionadores desconectores.
- d. Una manivela de tamaño apropiado para el mecanismo de operación manual, preferentemente desmontable.
- e. De acuerdo al diseño del proveedor, se deben suministrar anillos equipotenciales en cada extremo del seccionador con tensión de 230 kV y mayores.
- f. Cada polo del seccionador completa (en caso de un bastidor común para los tres polos), debe contar con dispositivos de izaje (ganchos, orejas, entre otros), necesarios para su levantamiento completo y maniobras.

3.2.4 Condiciones de operación

- a. Los seccionadores deben diseñarse para sistemas solidamente conectados a tierra.
- b. Los seccionadores deben diseñarse para operar a una temperatura ambiente que no exceda de 55 °C, y a una temperatura ambiente mínima de -25 °C de acuerdo a la norma IEC 60694.
- c. La elevación máxima de temperatura de las diferentes partes de los seccionadores, no debe exceder los valores indicados en la norma IEC 60694, operando a la corriente nominal y frecuencia de 60 Hz.
- d. Los seccionadores deben diseñarse para operar correctamente hasta una altitud de 2500 msnm.
- e. Los seccionadores deben diseñarse para soportar la velocidad del viento de 122 km/h.
- f. Los seccionadores deben diseñarse para soportar la aceleración horizontal máxima, los esfuerzos por efectos del sismo y su duración son función del lugar de instalación del seccionador.
- g. Los seccionadores deben diseñarse para operar satisfactoriamente en ambientes contaminados, con nivel medio, alto y extra alto según lo clasifica y describe la norma IEC 60815.

3.2.5 Mercado

3.2.5.1 Placa de datos del seccionador desconectador

Esta placa debe ser de acero inoxidable. La fijación de la placa al portaplaca debe hacerse por medio de remaches o puntos de soldadura. No se aceptan placas atornilladas.

En caso de polos independientes, debe suministrarse una placa en cada polo.

La placa debe incluir como mínimo los siguientes datos:

- a. Nombre del equipo.
- b. Nombre del proveedor y fecha de fabricación.
- c. Número de serie.
- d. Tipo y modelo.
- e. Tensión nominal en (V).
- f. Nivel básico de aislamiento al impulso, por rayo o por maniobra.
- g. Corriente nominal en (A).
- h. Corriente de aguante de corta duración en (kA).
- i. Tiempo de la corriente de aguante de corta duración.
- j. Tensión nominal de auxiliares en (V).
- k. Masa por polo del seccionador en (kg).
- l. Resistencia óhmica prototipo de circuito principal.
- m. Instructivo de referencia.
- n. Número de pedido y partida ETCEE-INDE.
- o. Fuerza mecánica nominal sobre las terminales (kg).
- p. Distancia específica mínima de fuga en (mm/kV).

3.2.5.2 Placa de datos del motor del mecanismo de operación eléctrica

Esta placa debe contener como mínimo los siguientes datos:

- a. Nombre del proveedor.
- b. Número de serie.
- c. Potencial nominal en (W).
- d. Tensión nominal en (V).
- e. Corriente nominal en (A).
- f. Número de fases.
- g. Frecuencia nominal en (Hz).
- h. Velocidad en (rpm).
- i. Elevación de temperatura.
- j. Clase de aislamiento.

3.2.5.3 Placa de datos de la resistencia calefactora

Esta placa debe contener como mínimo los siguientes datos:

- a. Nombre del proveedor.
- b. Tensión nominal en (V).
- c. Potencia en (W).

3.2.5.4 Placa de datos del seccionador y mecanismo de puesta a tierra

Cuando se indique en las especificaciones técnicas particulares que el proveedor debe suministrar seccionador y mecanismo de puesta a tierra, se debe suministrar una placa de datos que debe incluir como mínimo con lo siguiente:

- a. Nombre del proveedor.
- b. Fecha de fabricación.
- c. Número de serie.
- d. Tipo y modelo.
- e. Tensión nominal en (V).
- f. Corriente nominal en (A).
- g. Corriente de aguante de corta duración en (kA).
- h. Tiempo de la corriente de aguante de corta duración.

3.2.6 Empaque, embalaje, embarque, transportación, descarga, recepción, almacenaje y manejo

Es responsabilidad del contratista entregar y descargar los seccionadores en las subestaciones indicadas como lugar de entrega del o los seccionadores a adquirir.

Todos los costos de transporte, almacenaje, grúas y otros correrán por cuenta del contratista.

- a. Los gabinetes de control deben embarcarse en una bolsa de plástico sellada herméticamente con objeto de evitar la entrada de humedad y conteniendo en su interior bolsas con material higroscópico. Debe estar protegida contra golpes con material adecuado y en cajas de madera firmemente soportadas para evitar deslizamientos.
- b. Los aisladores soporte y bastidor deben embarcarse en cajas de madera a prueba de impactos con varios elementos de sujeción a lo largo del aislador soporte y del bastidor.
- c. En cada caja o bulto debe pintarse con letra visible lo siguiente:
 - Siglas ETCEE-INDE.
 - Número de caja secuencial.

- Número de serie.
 - Tensión y corrientes nominales.
 - Número de pedido y partida.
 - Nombre de la instalación.
 - Lugar geográfico de la instalación.
 - Ejes del centro de gravedad.
 - Indicación de puntos de izaje.
 - Masa en (kg).
 - Lista de embarque.
 - País de origen.
- d. Se debe embarcar con cada seccionador su correspondiente juego completo de diagramas; planos e instructivos de operación, montaje y mantenimiento.
Esta información debe ser debidamente protegida contra suciedad y humedad.
- e. Antes que el equipo sea empacado, todas las superficies maquinadas deben protegerse con un barniz o compuesto apropiado fácilmente removible o bien con una capa de grasa en las partes que no admitan lo anterior.
- f. Todas las partes de repuesto deben enviarse en cajas, debidamente identificadas y protegidas para evitar el deterioro de las partes durante su almacenamiento.

3.2.7 Control de calidad

3.2.7.1 Pruebas prototipo

Las pruebas de prototipo deben cumplir con lo indicado en las normas IEC 62271 parte 102, IEC 60694 y 60815. Asimismo se consideran pruebas de prototipo, las que se establecen en estas normas.

3.2.7.2 Pruebas de rutina

Las pruebas que se enumeran a continuación son de rutina, las cuales debe realizar el proveedor en sus instalaciones.

Estas pruebas deben también realizarse a todos los seccionadores y mecanismos de puesta a tierra y de acuerdo a la norma IEC 62271 parte 102.

- a. La inspección visual en base a la norma NOM-008-SCFI.
- b. Los valores de tensión de prueba del seccionador a tierra y entre polos y entre terminales con la cuchilla abierta, se indican en la Tabla XII (Véase Anexo 2), y debe efectuarse esta prueba de acuerdo con la norma IEC 62271 parte 102.
- c. Todos los circuitos auxiliares de fuerza y control, deben someterse a una tensión de prueba de 2000 V, 60 Hz, durante un minuto.
- d. La medición de la resistencia debe efectuarse en cada polo del circuito principal del seccionador. Esta prueba debe ser de acuerdo a la norma IEC 62271 parte 102 y no se acepta exceder los valores establecidos por la norma.

e. Pruebas de operación mecánica

Estas pruebas deben incluir lo siguiente:

- A tensión nominal de los circuitos auxiliares de control y fuerza:
 - 50 ciclos de apertura y cierre.
- A tensión máxima de los circuitos auxiliares de control y fuerza:
 - 10 ciclos de apertura y cierre.
- A tensión mínima de los circuitos auxiliares de control y fuerza:
 - 10 ciclos de apertura y cierre.

Durante estas pruebas de operación mecánica, no se permiten ajustes y no deben presentarse fallas en la operación. También durante cada ciclo de operación, la cuchilla debe alcanzar la posición fija de cerrada permanente.

- f. Los recubrimientos deben cumplir con lo establecido en las especificaciones CFE D8500-01. D8500-02; así como con la especificación CFE L0000-15 para identificación de los colores a utilizar.
- g. El galvanizado de las partes y componentes debe ser del tipo especial, por inmersión en caliente y de acuerdo a lo establecido por la norma NMX-H-004-SCFI.

3.2.7.3 Criterio de aceptación o rechazo de las pruebas

Cualquier unidad podrá ser rechazada sin perjuicio para el INDE, si durante el proceso de pruebas en fábrica se presentan diferencias.

3.2.7.4 Certificación de las pruebas en fábrica

Cuando sea solicitado en los términos de referencia, las pruebas en fábrica deberán ser certificadas por un ingeniero especialista. El certificador deberá pertenecer a un laboratorio de pruebas de prestigio a nivel mundial como KEMA *Consulting* de Holanda, CESI de Italia o LAPEM de México o empresa certificadora de pruebas con experiencia la cual deberá documentarse plenamente en la oferta. El costo de dicha supervisión correrá por cuenta del contratista.

Este certificador deberá hablar idioma español, el trabajo del certificador será revisar todos los procedimientos de pruebas, revisión de equipos de pruebas y avalará la ejecución de las mismas, a efecto estas se hagan de acuerdo a las normas acordadas en la oferta y cumpliendo con los valores ofertados de diseño. El fabricante deberá estar en la disposición de modificar cualquiera de los procedimientos de prueba que requiera el certificador.

La certificación de la validación de las pruebas será emitida por la empresa del certificador contratada por el contratista, debiendo entregarla directamente esta empresa al supervisor en original y dos copias en un plazo máximo de 8 días después de finalizadas todas las pruebas solicitadas en estos términos de referencia.

3.2.8 Instrucciones de montaje y operación

- a. El proveedor debe entregar un ejemplar del instructivo de montaje, operación y mantenimiento en forma compacta, el cual debe contener información de todos los equipos y accesorios con que cuentan los seccionadores.
- b. El ejemplar comprende un instructivo específico para instalación, operación y mantenimiento en el cual se incluya su descripción, modo de operación, diagramas esquemáticos y de conexiones, curvas de operación, valores de operación y precauciones de montaje.

3.2.9 Información y documentación técnica requerida en la oferta y entrega

El proveedor deberá documentar la oferta con catálogos de equipos que está ofertando los cuales serán empleados en la evaluación correspondiente.

Los catálogos y otra documentación técnica podrán ser en idioma español o inglés exclusivamente.

Adicionalmente, el proveedor deberá entregar por cada equipo la siguiente documentación al momento de la entrega definitiva del suministro en la bodega de INDE:

- a. Documentación técnica que contenga toda la información característica del suministro.

- b. Resultados de calibraciones y pruebas de fábrica.
- c. Guía de uso y mantenimiento.
- d. Manuales de montaje, operación y mantenimiento.
- e. Manuales de configuración y ajustes del Software de protección.

3.2.10 Aprobación de planos

El proveedor deberá presentar al supervisor del contrato para aprobación dos (2) juegos de planos y lista de accesorios incluidos en el suministro, previo al inicio de fabricación de los equipos.

Los planos proporcionados por el proveedor para aprobación deberán presentarse en originales y una copia. El proveedor deberá presentar los planos que se indican a continuación:

- Planos esquemáticos.
- Planos de dimensiones físicas.
- Placa de características.
- Planos dimensionales de anclaje (cuando aplique).
- Planos eléctricos de operación (cuando aplique).

Quedará en resguardo de ETCEE-INDE el juego de planos originales y se devolverá la copia con la aprobación respectiva y/u observaciones para su construcción. El supervisor del contrato o personal técnico designado por la GERENCIA realizará la evaluación y aprobación correspondiente de los planos; para lo cual contará con quince (15) días hábiles para el efecto.

El proveedor deberá incluir el tiempo de aprobación de los planos dentro del tiempo contemplado para la entrega del suministro y para la vigencia de la carta de crédito.

Si los planos presentan incongruencias, es necesario realizar correcciones o no se presenta la información completa; el supervisor del contrato o el personal técnico designado por la GERENCIA para la revisión de los mismos; solicitará que se amplíe o corrija la información correspondiente; sin responsabilidad en el atraso que el proveedor pueda incurrir en la entrega del suministro por tales observaciones.

3.3 Norma técnica para transformadores de instrumento

3.3.1 Alcance

Esta norma establece los requerimientos técnicos para el diseño, fabricación, pruebas en fábrica y pruebas en sitio de transformadores de instrumentos para voltajes primarios. Se incluyen también las normas para transformadores de corriente auxiliares.

La presente norma cubren los siguientes tipos de equipos:

- a. Transformadores de corriente para medición y/o protección.
- b. Transformadores de potencial inductivo, para medición y/o protección.
- c. Transformadores de potencial capacitivo, para medición y/o protección.

Se excluyen expresamente de estas especificaciones los transformadores de instrumentos que forman parte de un sistema encapsulado integral (*Gas Insulated Substation* - GIS).

Los tipos y características propias de los equipos que deberán suministrarse dentro del contrato, se describen en las especificaciones técnicas particulares.

3.3.2 Normas

Mientras no se indique explícitamente lo contrario dentro de esta norma, los transformadores de instrumentos deben satisfacer en general las normas aplicables de la IEC 185, 270, 273 y particularmente las publicaciones No. 60044-1, 2, 3, 6 y 358, ANSI/IEEE C57.13. En cualquier caso regirá la versión vigente de cada norma a la fecha de la convocatoria para el concurso o licitación, incluyendo los anexos, addendas o revisiones vigentes de cada norma en dicha fecha (Véase Apéndice 2).

En los aspectos no contemplados en estas normas, el contratista podrá proponer otras normas alternativas, cuyo empleo estará sujeto a la aprobación de la ETCEE-INDE.

3.3.3 Condiciones normales de servicio

- a. Los transformadores de corriente deben diseñarse para operar a una temperatura ambiente máxima de 40 °C y un valor promedio medido en un período de 24 h de 30 °C. A bajas temperaturas deben diseñarse para operar a una temperatura ambiente mínima de -25 °C.
- b. Los transformadores deben diseñarse y fabricarse para operar a la altitud indicada en las especificaciones técnicas particulares y cumplir con los niveles de aislamiento establecidos en la Tabla XVIII (Véase Anexo 2).
- c. Los transformadores deben diseñarse para soportar una velocidad del viento de 160 km/h u otro valor que se indique en las especificaciones técnicas particulares.
- d. Los transformadores deben diseñarse para soportar aceleraciones horizontal y vertical de hasta 0.5 g.
- e. Para su fijación se debe proveer el transformador con los dispositivos de sujeción que resistan estos esfuerzos.

- f. Los transformadores de corriente deben ser diseñados para que soporten las condiciones ambientales especificadas en las especificaciones técnicas particulares.
- g. Los transformadores deben operar con una frecuencia de 60 Hz.
- h. Los transformadores de potencial se deben diseñar y construir para operar en sistemas solidamente conectado a tierra.
- i. Los transformadores de 34.5 kV y mayores deben diseñarse para operar en posición vertical.
- j. El intervalo de frecuencia debe ser de 30 a 500 kHz.

3.3.4 Características generales

3.3.4.1 Para transformadores de corriente

- a. Los transformadores de corriente deben ser para servicio intemperie.
- b. El embobinado de alta tensión del transformador debe ser del tipo devanado.
- c. El devanado de alta tensión debe ser para relación de transformación simple o doble relación según se indique en las especificaciones técnicas particulares.
- d. Cuando se solicite doble relación, se deben suministrar los conectores para efectuar la conexión serie paralelo.
- e. Los devanados de baja tensión deben ser para 5 amperes nominales.
- f. El número de devanados de baja tensión deben ser tres, excepto cuando se indique lo contrario en las especificaciones técnicas particulares.
- g. Cada transformador de corriente debe contar con:
 - Dos devanados para protección.
 - Un devanado para medición.
 - A menos que se indique lo contrario en las especificaciones técnicas particulares.
- h. Cada devanado secundario debe ir en un circuito magnético separado de los otros con la excitación magnética suministrada por el mismo devanado primario.

- i. Los transformadores de corriente deben cumplir con los valores de exactitud y carga (*burden*), según la norma ANSI C57.13 a menos que se indiquen otras en las especificaciones técnicas particulares.
- Para protección Los transformadores requeridos para protección deben ser máximos de clase C - 200. De requerirse otro valor se indica en las especificaciones técnicas particulares.
 - Para medición Los transformadores requeridos para medición deben ser para carga 6 (0.1, 0.2, 0.55, 1.0 y 2.0) y cumplir con una clase de exactitud de 0.3.
- j. La elevación de temperatura de los transformadores de corriente, cuando llevan su corriente nominal primaria y secundaria, a factor de potencia unitario, a frecuencia de 60 Hz y con la carga (*burden*) o cargas nominales, no deben exceder de 65 °C sobre la temperatura ambiente.
- k. Cuando los transformadores de corriente operen a altitudes mayores de 1000 nsm, deben hacerse las correcciones indicadas en la norma IEC 185.
- l. El factor de capacidad térmica de la corriente nominal debe ser de 1.2; esto es, 1.2 el valor de las corrientes nominales.
- m. La tensión nominal y valores de pruebas dieléctricas del devanado de alta tensión se indican en las especificaciones técnicas particulares y deben estar de acuerdo con la Tabla XVIII (Véase Anexo 2).
- n. El transformador de corriente debe ser capaz de soportar sin sufrir daños ni deformaciones, la conducción durante un segundo, de la corriente primaria que se indica en las especificaciones técnicas particulares y que corresponde a las mostradas en la Tabla XXI (Véase Anexo 2). Mientras circule corriente por el devanado primario del transformador de corriente, su devanado secundario debe estar conectado en corto circuito.
- o. El transformador de corriente debe ser capaz de conducir, sin daños eléctricos y mecánicos debido a los esfuerzos, electromagnéticos ocasionados por el paso de una corriente primaria, cuyo valor pico, de una onda asimétrica, debe ser de una

magnitud de 2.5 veces el valor de la corriente térmica de corto circuito de corta duración y estando los devanados secundarios en corto circuito.

- p. Las marcas en las terminales deben identificar lo siguiente.
- Los devanados primario y secundario.
 - Las secciones de cada devanado, si las hay.
 - Las polaridades relativas de los devanados y sus secciones.
 - Las derivaciones intermedias, si las hay.
 - Estas marcas deben resistir la exposición a la intemperie durante la vida esperada del transformador.
 - Las terminales deben marcarse en forma clara e indeleble, en su superficie o en su vecindad inmediata. Las primarias con la letra “P” y las secundarias con la letra “S”.
 - El marcado debe consistir en letras mayúsculas, seguidas necesariamente por números.
 - las terminales del devanado secundario marcadas como “S1” y “S2”, siempre deben ser las del devanado de medición.
- q. En caso de que en las especificaciones técnicas particulares se indique el nivel de contaminación extra alto, se debe aplicar la norma IEC-815.
- r. La posición de montaje del transformador debe ser vertical.

3.3.4.2 Para transformadores de potencial inductivo

- a. Los valores, designaciones y características de las cargas nominales deben estar de acuerdo a lo indicado en la Tabla XX (Véase Anexo 2). Cualquier otra condición de operación será establecida en las especificaciones técnicas particulares. Si se solicitan transformadores con más de un devanado secundario, la exactitud solicitada debe satisfacerse estando los dos devanados con su carga nominal simultáneamente.

- b. Los transformadores deben ser diseñados para soportar la capacidad térmica que se indica en la Tabla XXI (Véase Anexo 2).
- c. Las tensiones nominales y valores de pruebas dieléctricas para el devanado primario (alta tensión) se indican en la Tabla XXII (Véase Anexo 2).
- d. El valor de la tensión en el devanado secundario deben ser 120 V para equipos con tensión primaria hasta 23 kV y de 115 V para equipos de 34.5 a 138 kV. Las derivaciones con la tensión resultante para obtener la relación de transformación solicitada.
- e. Los transformadores deben estar diseñados para operar con un factor de sobretensión de:
 - Permanente: 1.2 (fase a fase y fase a tierra).
 - Un minuto: 1.73 (fase a tierra).
- f. La elevación de temperatura de los devanados de los transformadores a tensión, frecuencia y capacidad nominal, no debe exceder los límites de acuerdo a la clase de aislamiento establecida por diseño.
- g. Los transformadores deben ser diseñados para soportar los esfuerzos mecánicos y térmicos debidos a corto-circuitos en las terminales secundarias durante un segundo, de acuerdo a lo establecido en la norma IEC 60044-2.
- h. La conexión debe ser de fase a tierra.
- i. El número de devanados secundarios (baja tensión) se indicará en las especificaciones técnicas particulares.
- j. La relación de transformación será de acuerdo a lo solicitado en las especificaciones técnicas particulares.

3.3.4.3 Para transformadores de potencial capacitivo

- a. Los divisores capacitivos deben diseñarse para operar a las tensiones nominales y niveles de aislamiento indicadas en la Tabla XX (Véase Anexo 2). De acuerdo con las normas IEC - 186 y 358.
- b. La carga de exactitud debe ser del tipo “W”, “X”, “Y” o como se indique en las especificaciones técnicas particulares.
- c. La clase de exactitud para las cargas debe ser 0.3, 0.6 ó 1.2, según se indique en las especificaciones técnicas particulares. Esta precisión debe cumplirse dentro de los límites entre 90% y 110% de la tensión nominal. En las especificaciones técnicas particulares se indica si la precisión se conserva estando no, dos o más de los devanados cargados simultáneamente.
- d. La carga térmica en VA que puede llevar el transformador de potencial capacitivo en forma continua, sin exceder la elevación de temperatura, debe ser de un valor no menor a 300 VA a menos de que se indique otro valor en las especificaciones técnicas particulares.
- e. La tensión secundaria de salida de un TPC debe decaer en un tiempo máximo de 16 milisegundos a una tensión menor que el 10% del valor pico registrado antes del corto circuito. Como lo indica la norma IEC 186. En caso de requerirse otros valores, estos se deben indicar en las especificaciones técnicas particulares.
- f. Debe satisfacer los requerimientos establecidos en la norma IEC 186.
- g. La distancia de fuga está referida a la tensión nominal de fase a fase, debiendo aplicarse la Tabla XXIII (Véase Anexo 2), de acuerdo con el nivel de contaminación (medio o alto) del sitio de instalación.
- h. En las especificaciones técnicas particulares se indica el nivel de contaminación en el que operará el equipo.
- i. Las bobinas de drenaje y de bloqueo deben estar formadas por una inductancia efectiva en el rango de frecuencia de onda portadora y su pérdida por inserción debe ser igual o menor de 0.5 dB considerando una línea con una impedancia

característica de 300 ohms. La caída de tensión no debe exceder 30 V_rcm a 60 Hz. El NBAI de la bobina de drenaje debe ser 10 kV como mínimo con una onda estándar de 1.2 x 50 μ s de acuerdo a lo indicado en la norma NMX 271.

- j. El nivel de flameo debe ser mayor o igual a 2.5 kV_rcm y menor o igual al 85% del NBAI de la bobina de drenaje para una onda de 1.2 x 50 ps.
- k. Los transformadores de potencial capacitivo deben satisfacer los requerimientos establecidos en la norma IEC 358.
- l. En los transformadores de potencial capacitivo utilizados como capacitor de acoplamiento, el nivel de aislamiento entre la terminal de baja tensión y tierra debe ser de 10 kV_rcm, si la terminal esta expuesta a la intemperie; como se indica en la norma IEC 186.
- m. El valor de pérdida por inserción a frecuencia de onda portadora con el desconector de puesta a tierra cerrado o abierto deben ser igual o menor que 0.5 dB en el rango de frecuencias de onda portadora.
- n. Máxima elevación de temperatura debe ser de 60 °C.
- o. No debe mostrar ningún efecto sobre el factor corrección de relación y el error de fase del transformador a potencial capacitivo.
- p. Todas las empaquetaduras del transformador de potencial capacitivo deben ser de material polimérico y estar diseñadas para garantizar la hermeticidad del equipo durante su vida útil. Estas empaquetaduras, deben estar instaladas sobre superficies maquinadas.

3.3.5 Características de fabricación

3.3.5.1 Características generales

- a. El aislamiento externo podrá ser de porcelana o goma de silicona, de acuerdo a lo indicado en la especificación técnica de la invitación a ofertar.

- b. El aislamiento interno deberá ser papel – aceite para transformadores con tensión de operación superior a 34.5 kV. Los transformadores con tensión de operación igual o menor a 34.5 kV podrá ser tipo seco.
- c. El aislamiento externo debe ser homogéneo y libre de cavidades y burbujas de aire. El acabado debe ser de color uniforme libre de aristas, manchas u otros defectos.
- d. Todos los transformadores deben estar dotados de conectores en su parte superior de acuerdo a lo indicado en la especificación técnica.
- e. Deben tener una caja de terminales, ubicada en la base del transformador de. Esta caja debe tener provisión para la instalación de sellos por y estar diseñada para servicio a la intemperie, a prueba de lluvia y del acceso de insectos, y ventilada para evitar condensaciones.
- f. El transformador debe estar provisto de orejas, ojos y ganchos para izaje y maniobras de transformador ensamblado y con aceite.
- g. Las bases, cajas de terminales, tornillería, arandelas y demás elementos metálicos sujetos a la intemperie, deben ser de acero al carbón extragalvanizado, de acero inoxidable 304 o de otro material que cumpla con los requerimientos de resistencia a la contaminación, corrosión y resistencia mecánica y ser libres de mantenimiento durante la vida esperada del transformado.
- h. El proveedor debe suministrar una base de sustentación para fijar el transformador a la estructura soporte. La base debe contar con los elementos necesarios para nivelar el transformador.
- i. La base de sustentación debe tener el marco con las perforaciones necesarias para recibir los pernos de anclaje de la estructura soporte.
- j. El diseño y construcción debe evitar que el aceite dieléctrico esté en contacto con el medio ambiente externo, para impedir la entrada de humedad y oxígeno; para prever las variaciones en el volumen del aceite debido a los cambios de temperatura, estos deben contar con un sistema que permita dichos cambios, y con una vida útil igual a la del transformador de corriente.

- k. Debe contar con un indicador de nivel de aceite con marcas de nivel normal, bajo y alto.
- l. Se deben proporcionar los medios necesarios (placa de conexión a tierra) para conectar a tierra la base del transformador en un punto, incluyendo todos los tornillos y rondanas necesarias, los cuales deben ser de acero inoxidable 304, bronce u otro material anticorrosivo y que garantice que no existe par galvánico con el material del conector y la base. Estos medios deben ser apropiados para recibir conductores de cobre con diámetro de 10.52 mm a 15.24 mm.
- m. Todas las empaquetaduras del transformador de corriente deben ser de material polimérico y estar diseñadas para garantizar la hermeticidad del equipo durante su vida útil.
- n. La placa de datos debe ser de acero inoxidable 304. La fijación de la placa debe hacerse por medio de remaches o puntos de soldadura. La información contenida en la placa debe ser en bajo relieve profundo y no se acepta de tipo por golpe, excepto para el número de serie, fecha de fabricación y número de pedido. Las leyendas deben estar en idioma español y en el sistema general de unidades de medición.

3.3.5.2 Características particulares para construcción de transformadores de corriente

La placa de características deberá tener la siguiente información:

- Leyenda: transformador de corriente.
- Nombre del fabricante.
- Mes y año de fabricación.
- Número de serie.
- Tipo y modelo.
- Tensión nominal.

- Nivel de aislamiento al impulso.
- Altitud de operación sobre el nivel del mar.
- Frecuencia nominal.
- Corriente nominal primaria.
- Corriente nominal secundaria.
- Corriente térmica de corto circuito.
- Corriente dinámica de corto circuito.
- Factor térmico de sobrecorriente en permanencia de la corriente nominal.
- Relación nominal de transformación.
- Carga y clase de exactitud para protección y medición en cada devanado secundario.
- Aceleración horizontal.

3.3.5.3 Características particulares para construcción de transformadores de potencial inductivo

En transformadores con tensiones de operación de 34.5 kV y menores, es aceptado que el aislamiento externo e interno sea resina epóxica. (insolación, lluvia, contaminación salina e industrial).

La placa debe contener los datos siguientes:

- Nombre del fabricante.
- Leyenda: transformador de potencial inductivo.
- Tipo y/o modelo y/o número de catálogo designación del fabricante.
- Número de serie.
- Relaciones de transformación.
- Tensiones nominales primarias en (kV).

- Tensiones nominales secundarias en (kV).
- Clases de exactitud y cargas nominales para cada secundario.
- Frecuencia nominal.
- Nivel básico de aislamiento al impulso (NBAI).
- Capacidad térmica.
- Identificación de país de origen.
- Mes y año de fabricación.
- Masa aproximada en (kg).
- Volumen de líquidos aislantes en litros (cuando proceda).

3.3.5.4 Características particulares para construcción de transformadores de potencial capacitivo

- a. Se deben suministrar anillos equipotenciales en cada transformador de potencial cuando la tensión de operación sea 230 kV y mayores.
 - b. La caja de terminales debe estar localizada afuera del dispositivo y montada a un lado de éste y debe contener las terminales del circuito secundario, la terminal de acoplamiento al equipo OPLAT, conexiones a tierra y dispositivo de porcentaje.
 - c. La unidad electromagnética debe contar con todos los elementos secundarios.
 - d. Transformador intermedio, incluyendo como mínimo 2 devanados secundarios. En caso de requerirse un tercer devanado secundario se indicará en las especificaciones técnicas particulares.
 - Reactor de compensación.
 - Bobina de bloqueo con su dispositivo de protección.
 - Impedancia de amortiguación de efectos ferromagnéticos.
 - Cuchilla de puesta a tierra.
 - Dispositivo de protección contra sobretensiones momentáneas.
- La placa debe incluir como mínimo los siguientes datos:
- Leyenda: transformador de potencial capacitivo.

- Nombre del proveedor y fecha de fabricación.
- Número de serie.
- Tipo y modelo.
- Tensión nominal primaria.
- Relaciones nominales de transformación.
- Tensiones nominales secundarias.
- Nivel básico de aislamiento al impulso.
- Frecuencia nominal.
- Carga y clase de precisión en cada devanado secundario.
- Carga nominal térmica.
- Identificación de terminales de cada devanado secundario.
- Capacitancia total y de cada módulo.

3.3.6 Pruebas en fábrica

Por cada transformador se deberá proporcionar la copia correspondiente de pruebas de rutina de acuerdo a las normas que se indican a continuación:

Las pruebas para los transformadores de corriente deberán ser de acuerdo con la norma IEC 185, excepto para las pruebas de exactitud, las cuales deben cumplir con los requerimientos establecidos en la norma ANSI C57-13 y las normas y especificaciones correspondientes.

Las pruebas para los transformadores de potencial inductivo y capacitivo deberán ser de acuerdo con las normas IEC 60044, 186 y 358 y ANSI C93.1, C57-13

3.3.7 Información y documentación técnica requerida en la oferta y entrega

El proveedor deberá documentar la oferta con catálogos de equipos que está ofertando los cuales serán empleados en la evaluación correspondiente.

Los catálogos y otra documentación técnica podrán ser en idioma español o inglés exclusivamente.

Adicionalmente, el proveedor deberá entregar por cada equipo la siguiente documentación al momento de la entrega definitiva del suministro en la bodega de INDE:

- a. Documentación técnica que contenga toda la información característica del suministro.
- b. Resultados de calibraciones y pruebas de fábrica.
- c. Guía de uso y mantenimiento.
- d. Manuales de montaje, operación y mantenimiento.
- e. Manuales de configuración y ajustes del Software de protección.

3.3.8 Aprobación de planos

El proveedor deberá presentar al supervisor del contrato para aprobación dos (2) juegos de planos y lista de accesorios incluidos en el suministro, previo al inicio de fabricación de los equipos.

Los planos proporcionados por el proveedor para aprobación deberán presentarse en originales y una copia. El proveedor deberá presentar los planos que se indican a continuación:

- Planos esquemáticos.
- Planos de dimensiones físicas.
- Placa de características.
- Planos dimensionales de anclaje (cuando aplique).
- Planos eléctricos de operación (cuando aplique).

Quedará en resguardo de ETCEE-INDE el juego de planos originales y se devolverá la copia con la aprobación respectiva y/u observaciones para su construcción. El supervisor del contrato o personal técnico designado por la GERENCIA realizará la evaluación y aprobación correspondiente de los planos; para lo cual contará con quince (15) días hábiles para el efecto.

El proveedor deberá incluir el tiempo de aprobación de los planos dentro del tiempo contemplado para la entrega del suministro y para la vigencia de la carta de crédito.

Si los planos presentan incongruencias, es necesario realizar correcciones o no se presenta la información completa; el supervisor del contrato o el personal técnico designado por la GERENCIA para la revisión de los mismos; solicitará que se amplíe o corrija la información correspondiente; sin responsabilidad en el atraso que el proveedor pueda incurrir en la entrega del suministro por tales observaciones.

3.4 Norma técnica para pararrayos

3.4.1 Alcance

Esta norma técnica establece los requerimientos para el diseño, fabricación y pruebas de pararrayos de óxido de zinc, ZnO.

Se excluyen expresamente de estas especificaciones los pararrayos que forman parte de sistemas encapsulados integrales en SF6 (*Gas Insulated Substation-GIS*).

3.4.2 Normas

- a. Los pararrayos deben satisfacer los requerimientos de las normas IEC 273, 815, 60099, ANSI/IEEE C62.11, C62.22; excepto donde, dentro de la presente norma, se haga referencia en forma explícita a otra norma.
- b. En todos los casos regirá para cada norma (incluyendo sus anexos, addendas o revisiones) la versión vigente a la fecha de la convocatoria para la licitación (Véase Apéndice 2).
- c. En los aspectos no especificados en las normas antes referidas, el contratista podrá proponer otra norma alternativa, cuyo empleo estará sujeto a la aprobación previa por parte de la ETCCE-INDE.

3.4.3 Condiciones de diseño

- a. Deben operar de -10 °C a + 40 °C.
- b. Deben operar hasta la altitud de 1800 msnm. Para altitudes mayores, se indica en las especificaciones técnicas particulares.
- c. Deben soportar la velocidad del viento de 120 km/h para valores diferentes, se indica en las especificaciones técnicas particulares.
- d. Deben soportar la aceleración horizontal de 0.5 g, para valores diferentes, se indica en las especificaciones técnicas particulares.
- e. Operación en el rango de 58 a 62 Hz en sistemas de CA.
- f. La corriente de impulso (8 x 20 µs) para los pararrayos debe ser de 10 kA, para valores diferentes, se indica en las especificaciones técnicas particulares.
- g. Las características eléctricas de los pararrayos se indican en la Tabla XXIV (Véase Anexo 2).

- h. Valor máximo de tensión kV cresta obtenido con un impulso de una corriente de 10 kA en un tiempo de 0.5 μ s o la descarga al frente de onda, el que sea mayor, de acuerdo a la norma ANSI/IEEE C62.11. Los valores máximos permitidos en esta norma se anotan en las Tablas XXIV y XXV (Véase Anexo 2).
- i. Los pararrayos deben cumplir con una tensión residual máxima a la descarga (kV cresta), indicada en las Tablas XXIV y XXV (Véase Anexo 2), correspondiente a las corrientes de: 3, 5, 10 y 20 kA.
- j. Los pararrayos tipo subestación deben tener el nivel de protección por sobretensiones transitorias de maniobra (kV cresta) indicado en las Tablas XXIV y XXV (Véase Anexo 2), con ondas de corriente cuya cresta esté entre 45 y 60 μ s.
- k. Los pararrayos deben soportar sin daño dos descargas de corriente de 65 kA cresta, con forma de onda de 4 x 10 μ s.
- l. Los pararrayos deben tener una capacidad de disipación de la energía de las sobretensiones por maniobra de 4.3 kJ/kV, para sistemas de hasta 250 kV.
- m. Los pararrayos deben soportar sin daño la prueba de ciclo de trabajo con una corriente de impulso de 8 x 20 μ s, con valor de cresta de 10 kA.
- n. Los pararrayos deben estar equipados con dispositivos para alivio de presión.
- o. En cada pararrayos utilizado en sistemas de 230 kV y mayores, debe suministrarse un anillo equipotencial.
- p. Cuando se indique en las especificaciones técnicas particulares, los pararrayos se deben suministrar con base aislante para la instalación de contador de descargas.
- q. Cuando se indique en las especificaciones técnicas particulares, los pararrayos se deben suministrar con contador de descargas.
- r. Los pararrayos deben contar con dos conectores terminales, uno para conexión a la línea tipo 4 que cumpla con la norma NEMA CC-1 y otro para conexión a tierra. El calibre del conductor será indicado en las especificaciones técnicas particulares.
- s. Cada pararrayos debe llevar una placa de datos de acero inoxidable, con los datos indicados a continuación, escritos en forma legible y permanente.
 - Nombre del fabricante y fecha de fabricación.

- Número de serie.
- Altitud en msnm.
- Tensión nominal (diseño).
- Tensión de operación continua en kV.
- Capacidad de alivio a la presión en A.

3.4.4 Características técnicas

- a. Los pararrayos serán del tipo óxido de zinc, desprovisto de espinterómetros (*gaps*) en serie.
- b. Las características técnicas de cada tipo de descargador son las indicadas en especificaciones técnicas particulares.
- c. Los pararrayos serán adecuados para trabajo pesado (*heavy duty*). La capacidad térmica deberá ser suficiente para funcionamiento satisfactorio frente a sobretensiones múltiples, guardando un margen térmico adecuado para evitar el riesgo de elevación descontrolada de temperatura (*Thermal runaway*); de modo que, después de cesadas las sobretensiones, la temperatura y la corriente de fuga de las resistencias no lineales del descargador retornen a estado estable y normal, con el voltaje máximo de operación del sistema.

3.4.5 Control de calidad

Se utilizarán la norma IEC 99-4 o como alternativa la ANSI/IEEE C 62.11.

Las pruebas prototipo, inclusive las pruebas sísmicas, no serán necesarias si el contratista presenta para la revisión y conformidad de la ETCEE-INDE, un juego completo de reportes certificados de dichas pruebas, que se hayan realizado en unidades de cada tipo y valor nominal similares a las del suministro.

En caso contrario, el contratista debe realizar las pruebas prototipo, estando el costo de las mismas incluido dentro del precio del suministro de los equipos.

Las pruebas prototipo serán por lo menos las siguientes:

a. Pruebas sísmicas:

Se requieren pruebas sísmicas para pararrayos aplicables en voltajes nominales del sistema iguales o superiores a 138 kV.

Las pruebas sísmicas, serán realizadas en una unidad de cada tipo y valor nominal en un laboratorio con experiencia en este tipo de pruebas. La prueba consistirá en la aplicación de vibraciones forzadas por medio de un movimiento horizontal aplicado paralelamente a los ejes horizontales principales del equipo.

- Pruebas de rigidez dieléctrica del aislamiento (IEC 99-4, cláusula 7.2).
- Prueba de voltaje residual (IEC 99-4, cláusula 7.3).
- Pruebas de rigidez a corriente de impulso de larga duración (IEC 99-4, cláusula 7.4).
- Prueba de ciclo operación (IEC 99-4, cláusula 7.5).
- Pruebas de alivio de presión (IEC 99-4, cláusula 5,11).
- Prueba de contaminación artificial (IEC 99-4, anexo F).
- Pruebas de descargas parciales (IEC 99-4, cláusula 5.4).
- Prueba de estanqueidad de los sellos (IEC 99.4).
- Prueba de distribución de corriente para pararrayos de varias columnas (IEC 99-4, cláusula 8.1e).

Las pruebas de rutina deben ser ejecutadas en fábrica en cada pararrayo completo o en cada unidad de descargador, si el mismo está constituido de varias unidades.

Las pruebas de rutina que deben ejecutarse son:

- Mediciones de voltaje de referencia (IEC 99-4, cláusula 8.1a).
- Pruebas de voltaje residual (IEC 99-4, cláusula 8.1b).
- Verificación de ausencia de descargas parciales y ruidos (IEC 99-4, cláusula 8.1c).
- Pruebas de distribución de corriente (si los descargadores son de columnas múltiples en paralelo) (IEC 99-4, cláusula 8.1e).
- Pruebas de llenado y fuga de gas (IEC 99-4, cláusula 8.1d).

3.4.6 Información y documentación técnica requerida en la oferta y entrega

El proveedor deberá documentar la oferta con catálogos de equipos que está ofertando los cuales serán empleados en la evaluación correspondiente.

Los catálogos y otra documentación técnica podrán ser en idioma español o inglés exclusivamente.

Adicionalmente, el proveedor deberá entregar por cada equipo la siguiente documentación al momento de la entrega definitiva del suministro en la bodega de INDE:

- f. Documentación técnica que contenga toda la información característica del suministro.
- g. Resultados de calibraciones y pruebas de fábrica.
- h. Guía de uso y mantenimiento.
- i. Manuales de montaje, operación y mantenimiento.
- j. Manuales de configuración y ajustes del Software de protección.

3.4.7 Aprobación de planos

El proveedor deberá presentar al supervisor del contrato para aprobación dos (2) juegos de planos y lista de accesorios incluidos en el suministro, previo al inicio de fabricación de los equipos.

Los planos proporcionados por el proveedor para aprobación deberán presentarse en originales y una copia. El proveedor deberá presentar los planos que se indican a continuación:

- Planos esquemáticos.
- Planos de dimensiones físicas.
- Placa de características.
- Planos dimensionales de anclaje (cuando aplique).
- Planos eléctricos de operación (cuando aplique).

Quedará en resguardo de ETCEE-INDE el juego de planos originales y se devolverá la copia con la aprobación respectiva y/u observaciones para su construcción. El supervisor del contrato o personal técnico designado por la GERENCIA realizará la evaluación y aprobación correspondiente de los planos; para lo cual contará con quince (15) días hábiles para el efecto.

El proveedor deberá incluir el tiempo de aprobación de los planos dentro del tiempo contemplado para la entrega del suministro y para la vigencia de la carta de crédito.

Si los planos presentan incongruencias, es necesario realizar correcciones o no se presenta la información completa; el supervisor del contrato o el personal técnico designado por la GERENCIA para la revisión de los mismos; solicitará que se amplíe o corrija la información correspondiente; sin responsabilidad en el atraso que el proveedor pueda incurrir en la entrega del suministro por tales observaciones.

3.5 Norma técnica para reguladores de voltaje

3.5.1 Alcance

Esta norma establece los requisitos técnicos para el diseño, fabricación, pruebas en fábrica y pruebas en sitio de reguladores de voltaje.

3.5.2 Normas

Las normas aplicables para el diseño, construcción y los equipos, materiales y accesorios de la presente invitación a ofertar son las siguientes: ANSI, IEEE, ASTM, AWS, NESC, NEC, AISC, IEC, (Véase Apéndice 2).

El equipo, materiales y accesorios tendrán que cumplir con la última revisión de dichas normas aplicables a cada equipo, componente o material que forme parte de esta invitación a ofertar, así también si se utilizan otras normas el proveedor debe indicar la norma utilizada y su equivalente, sin embargo los valores de la norma utilizada, debe tener valores iguales o superiores que los indicados en las normas mencionadas, al igual que debe presentar cuadro comparativo de los valores de la norma utilizada y el correspondiente a las normas solicitadas.

El cumplimiento de las normas se verificará en los catálogos originales del fabricante adjuntos en la oferta técnica original, o en nota original del fabricante que indique el cumplimiento.

3.5.3 Disposiciones técnicas generales

Las presentes disposiciones técnicas generales deberán ser aplicables a todos los equipos contemplados en el alcance del suministro de la presente norma.

- a. Los equipos deberán ser de marca de reconocido prestigio a nivel mundial, el proveedor deberá indicar el volumen de ventas a la fecha del modelo ofertado.
- b. La fábrica deberá contar con certificado ISO 9001-2000.
- c. Tensiones de mando y operaciones: 125 VDC.
- d. Tensión de calefacción: 240 VAC línea – línea.
- e. La frecuencia de operación será de 60 Hz. Se podrán realizar las pruebas de rutina a 50 Hz siempre y cuando se cumpla con los valores de corrección normalizados en las normas ANSI – IEEE.
- f. Las placas de características técnicas deberán ser en idioma español, fabricadas en acero inoxidable con inscripciones en bajo relieve para intemperie.

3.5.4 Condiciones de diseño

- a. Deben soportar la velocidad del viento de 100 km/h para valores diferentes, se indica en las especificaciones técnicas particulares.
- b. Deben soportar la aceleración horizontal de 0.5 g, horizontal y 0.5 g vertical para valores diferentes, se indica en las especificaciones técnicas particulares.
- c. Deben ser diseñados para trabajar a una temperatura promedio de 30 °C.
- d. Deben operar de -10 °C a 40 °C.
- e. Deben diseñarse para trabajar con una humedad relativa máxima del 100%.

- f. Deben operar hasta la altitud de 1800 msnm. Para altitudes mayores, se indicará en las especificaciones técnicas particulares.

3.5.5 Características constructivas

- a. Monofásicos inmersos en aceite.
- b. El regulador deberá tener 32 pasos de regulación en incrementos del 0.625%.
- c. Deberá tener un margen de regulación total de $\pm 10\%$ a partir del voltaje nominal.
- d. Temperatura nominal de 65 °C de incremento.
- e. Ventilación ONAN/ONAF dependiendo del diseño del fabricante para alcanzar las corrientes requeridas.
- f. Fabricado bajo norma ANSI C57.15.
- g. El aceite debe ser de acuerdo a norma ASTM D-3487 libre de PCB.
- h. La capacidad nominal de los niveles de aislamiento básico (BIL) de los *bushings* debe ser compatible con el nivel de aislamiento básico del regulador, y todos los *bushings* deben tener una distancia de fuga de acuerdo a lo requerido en las especificaciones técnicas particulares. Las designaciones de los *bushings* (S, alimentación; L, carga; SL, alimentación-carga) deben marcarse permanentemente en la cubierta del regulador, adyacente a estas. Los *bushings* S, L y SL deben ser intercambiables entre sí.
- i. El mecanismo debe ser de accionamiento rápido a motor.
- j. La construcción del regulador debe permitir realizar desmontaje parcial o total, para inspección y mantenimiento, sin que sea necesario hacer ninguna desconexión mecánica o eléctrica.
- k. Accesorios externos normalizados.
- l. Los reguladores deben contar con protección contra sobretensiones mediante un varistor de óxidos metálicos (MOV) conectados a través del devanado serie.
- m. Indicador de nivel de aceite
- n. Debe contar con indicador externo de posición visible desde altura de persona.

- o. Los reguladores deben estar provistos de un block de terminales montado en cubierta, el cual permite mediante el retiro de una cubierta con empaques el cambio fácil de las conexiones del transformador de potencial.
- p. Mecanismo de alivio de presión que permita la ventilación de los gases que se forman debido al accionamiento del mecanismo cambiador de derivación, sumergido en aceite.
- q. Válvula para purga y muestreo de aceite y filtrado.
- r. Equipados con conector para puesta a tierra.
- s. Argollas para montaje.

3.5.6 Características del controlador automático

- a. Cada regulador deberá estar equipado con un controlador automático de voltaje totalmente digital microprocesado.
- b. Debe estar montado en el exterior del tanque del regulador, en cofre normalizado para clima tropical, resistente al agua y polvo, equipado con resistencia calefactora para evitar condensación.
- c. Debe permitir la conexión y desconexión en vivo mediante conexión polarizada, con dispositivo automático de corto circuito de señal de corriente.
- d. Deberá contar con conmutador de tres posiciones para accionamiento del regulador en forma: remoto – automático – manual.
- e. Separar los ajustes de compensación de caída de tensión en sentido positivo o inverso consistentes en el control de resistencia y reactancia, con ajustes de polaridad positiva y negativa, con lo cual dicho modelo de control determina por anticipado aumentos o disminución en el voltaje de la línea.
- f. Ajustes de ancho de banda de voltaje de regulación programable con luz indicadora cuando se encuentre fuera de rango.
- g. Ajuste de tiempo retardo entre diez y ciento ochenta segundos (10-180s) en incrementos de un segundo (1s).

- h. Luz indicadora de posición neutro del regulador. La indicación luminosa actuará independientemente del indicador de posición.
- i. Contador de operaciones de seis dígitos.
- j. Terminales de prueba y botón de prueba de tensión conectada a la salida del regulador.
- k. Disponibilidad para ser operado a control remoto y/o comandos SCADA.
- l. La configuración del menú permite la selección de los siguientes parámetros:
 - Tipo de regulador (directo o invertido).
 - Capacidad para configuración del sistema (delta, estrella, atrasado, adelantado) y relación de CT'S y PT'S.
 - Capacidad para programar diferentes modos de operación del flujo de potencia y ajustes de fecha y hora.
- m. Medición instantánea de:
 - Voltaje de carga RMS.
 - Voltaje de fuente RMS.
 - Corriente de carga RMS.
 - Factor de potencia.
 - kVA, kW y kVA.
 - Frecuencia.
- n. Block de terminales para conexión de mando remoto SCADA.
- o. Seguimiento de posición de cambiador de derivaciones
- p. Puerto RS-232 para programación.
- q. Puerto de comunicación RS-232 y/o RS-485 para operación remota en protocolo DNP 3.0 deberá adjuntarse listado de mapeo del protocolo.
- r. Se debe suministrar el Software para programación e interrogación.

3.5.7 Accesorios para funcionamiento

Para cada regulador se deben suministrar los siguientes accesorios:

- a. Se deben suministrar dos conectores para el calibre indicado.
- b. Tres cuchillas de accionamiento por pértiga para efectuar el *By-Pass* de regulador cuando se requiere sacar de servicio, el voltaje y corriente nominal de operación debe ser de acuerdo al equipo a suministrar. Debe cumplirse los niveles de aislamiento solicitados en el presente capítulo.
- c. Transformador de potencial
 - Necesario para señal de controlador automático.
 - El voltaje de operación y BIL deberá ser igual al del regulador de voltaje.
 - Podrá ser externo o interno, de acuerdo al diseño del fabricante.
 - El voltaje nominal de salida será de acuerdo al requerido por el controlador automático
 - Si el transformador de voltaje es interno, deberá estar ubicado de tal forma que sea factible la desconexión y el reemplazo del mismo.
- d. Transformador de corriente
 - Necesario para señal del controlador automático.
 - Podrá ser externo o interno, de acuerdo al diseño del fabricante.
 - La corriente nominal de salida será de acuerdo al requerido por el controlador automático.
 - Si el transformador de corriente es interno, deberá estar ubicado de tal forma que sea factible la desconexión y el reemplazo del mismo.

3.5.8 Control de calidad

Quando sea solicitado en los términos de referencia, las pruebas en fábrica deberán ser certificadas por un ingeniero especialista. El certificador deberá pertenecer a un laboratorio de pruebas de prestigio a nivel mundial como KEMA *Consulting* de Holanda, CESI de Italia o LAPEM de México o empresa certificadora de pruebas con experiencia, la cual deberá documentarse plenamente en la oferta. El costo de dicha supervisión correrá por cuenta del proveedor.

La funcionalidad del equipo y su comportamiento se basa en lo establecido en la norma ANSI/IEEE Std C57.15 y ANSI/IEEE Std 449 aplicando sus criterios y los procedimientos generales de prueba, ajustándose a los valores de referencia y tolerancias indicadas en esta norma.

3.5.9 Información y documentación técnica requerida en la oferta y entrega

El proveedor deberá documentar la oferta con catálogos de equipos que está ofertando, los cuales serán empleados en la evaluación correspondiente.

Los catálogos y otra documentación técnica podrán ser en idioma español o inglés exclusivamente.

Adicionalmente, el proveedor deberá entregar por cada equipo la siguiente documentación al momento de la entrega definitiva del suministro en la bodega de INDE:

- a. Documentación técnica que contenga toda la información característica del suministro.
- b. Resultados de calibraciones y pruebas de fábrica.
- c. Guía de uso y mantenimiento.
- d. Manuales de montaje, operación y mantenimiento.
- e. Manuales de configuración y ajustes del Software de protección.

3.5.10 Aprobación de planos

El proveedor deberá presentar al supervisor del contrato para aprobación dos (2) juegos de planos y lista de accesorios incluidos en el suministro, previo al inicio de fabricación de los equipos.

Los planos proporcionados por el proveedor para aprobación deberán presentarse en originales y una copia. El proveedor deberá presentar los planos que se indican a continuación:

- Planos esquemáticos.
- Planos de dimensiones físicas.
- Placa de características.
- Planos dimensionales de anclaje (cuando aplique).
- Planos eléctricos de operación (cuando aplique).

Quedará en resguardo de ETCEE-INDE el juego de planos originales y se devolverá la copia con la aprobación respectiva y/u observaciones para su construcción. El supervisor del contrato o personal técnico designado por la GERENCIA realizará la evaluación y aprobación correspondiente de los planos; para lo cual contará con quince (15) días hábiles para el efecto.

El proveedor deberá incluir el tiempo de aprobación de los planos dentro del tiempo contemplado para la entrega del suministro y para la vigencia de la carta de crédito.

Si los planos presentan incongruencias, es necesario realizar correcciones o no se presenta la información completa; el supervisor del contrato o el personal técnico designado por la GERENCIA para la revisión de los mismos; solicitará que se amplíe o corrija la información correspondiente; sin responsabilidad en el atraso que el proveedor pueda incurrir en la entrega del suministro por tales observaciones.

3.6 Norma técnica para transformadores de potencia

3.6.1 Alcance

Esta norma técnica establece los requisitos para el diseño, fabricación, pruebas en fábrica, pruebas en sitio y penalización por incumplimiento de garantías técnicas, para los transformadores de potencia.

Las características propias de los transformadores que deberán suministrarse dentro del contrato se describen en características particulares.

3.6.2 Normas

Mientras no se indique explícitamente lo contrario dentro de esta norma, los transformadores deben satisfacer las normas aplicables ANSI/IEEE y NEMA aplicables, y en particular las siguientes C57.12.00, C57.12.10, C57.12.11, C57.12.90, C57.12.92, C57.12.98, C57.12.100, C57.12.113 y C57.12.116, (Véase Apéndice 2).

En todos los casos regirá la versión vigente de cada norma a la fecha de la convocatoria para el concurso o licitación, incluyendo los anexos, addendas o revisiones vigentes de cada norma en dicha fecha.

De los aspectos no contemplados en estas normas, el contratista podrá proponer otras normas alternativas, cuyo empleo estará sujeto a la aprobación de la ETCEE-INDE.

3.6.3 Condiciones de diseño

3.6.3.1 Cantidad de transformadores

La cantidad de transformadores se indica en las características particulares.

3.6.3.2 Capacidad

La capacidad en kVA de cada uno de los devanados del transformador se especifica en las características particulares y debe cumplir con lo siguiente:

- a. Satisfacer lo indicado en las normas ANSI/IEEE C57.12.00.
- b. La elevación promedio de temperatura de los devanados a tensiones y frecuencias nominales y a capacidad plena, no debe exceder de 55 °C, cuando sea medida por el método de resistencia, sobre una temperatura ambiente de 40 °C y una temperatura promedio de 30 °C durante un período de 24 horas.
- c. Cuando se especifique en las características particulares, se proporcionará aislamiento para 85 °C. Esto debe cumplir lo indicado en el inciso b. anterior y con lo siguiente:
 - Todos los aislamientos del transformador deben ser capaces de operar en forma continua a una elevación de 65 °C sobre 40 °C de temperatura ambiente máxima y la elevación de temperatura del punto mas caliente, no debe exceder de 80 °C, con un incremento de capacidad de 12% sobre los kVA nominales a 55 °C.
 - La elevación de temperatura de los devanados, a tensión nominal y 112% de los kVA nominales, no debe exceder de 65 °C, sobre 40 °C de temperatura ambiente máxima, medida por el método de resistencia. La elevación de temperatura del punto mas caliente puede alcanzar hasta 80 °C.

3.6.3.3 Tipo de servicio

El tipo de servicio de los transformadores debe ser: servicio intemperie sumergido en aceite.

3.6.3.4 Clase de enfriamiento

Debe estar de acuerdo con las normas ANSI C57.12.00 y ser la indicada en las características particulares.

Las clases de enfriamiento son las siguientes:

ONAN	auto-enfriado.
ONAN/ONAF	auto-enfriado y enfriado por aire forzado.
ONAN/ONAF/ONAF	auto-enfriado y con dos pasos de enfriamiento por aire forzado.
ONAN/OFAF	auto-enfriado y enfriado por aire y aceite forzado.
ONAN/OFAF/OFAF	auto-enfriado y con dos pasos de enfriamiento por aire y aceite forzado.
OFWF	enfriado por agua y aceite forzado.

3.6.3.5 Número de fases

El número de fases se indica en las especificaciones técnicas particulares.

3.6.3.6 Número de devanados

El número de devanados se indica en las especificaciones técnicas particulares.

3.6.3.7 Frecuencia

El transformador debe estar diseñado para operar a 60 Hz.

3.6.3.8 Elevación de temperatura

Debe cumplirse con lo indicado en la norma ANSI C.57.12.00, así como lo descrito en el inciso referente a la capacidad de esta norma.

3.6.3.9 Altitud de operación

Los transformadores deben diseñarse para operar satisfactoriamente a una altitud de 1000 msnm.

En caso de que en las especificaciones técnicas particulares se señale una altitud mayor de 1000 msnm, deben hacerse las correcciones de acuerdo a la norma ANSI C57.12.00, de tal manera que el transformador mantenga a la altitud indicada sus capacidades nominales y niveles de aislamiento.

3.6.3.10 Tensiones nominales, tipos de conexión y valores de pruebas dieléctricas de devanados y nivel de aislamiento

3.6.3.10.1 Tensiones nominales

Las tensiones nominales se indican en las especificaciones técnicas particulares y deben estar de acuerdo con la norma C57.12.00.

Las tensiones nominales así como las tensiones de las derivaciones deben estar basadas en la relación de vueltas del transformador, esto es, las tensiones nominales deben medirse en vacío, de un devanado con respecto a otro y otros devanados.

3.6.3.10.2 Tipos de conexión

Las conexiones para unidades trifásicas o bancos de unidades monofásicas deben ser las indicadas en las especificaciones técnicas particulares.

3.6.3.10.3 Valores de pruebas dieléctricas y niveles de aislamiento

La clase de aislamiento, valores de prueba de impulso con onda completa y onda cortada, valor de prueba de transitorios por maniobra y valores de prueba de baja frecuencia se indican en las especificaciones técnicas particulares y deben estar de acuerdo a la norma ANSI C57.12.00.

Las clases de aislamiento del neutro de los transformadores se indican en las especificaciones técnicas particulares y en ningún caso deben ser menores a las señaladas en la norma ANSI C57.12.00.

El nivel de aislamiento de los transformadores se debe indicar en las especificaciones técnicas particulares

3.6.3.11 Desplazamiento angular

El desplazamiento angular entre las terminales de alta y baja tensión debe estar de acuerdo a la norma ANSI C57.12.00, en caso de no indicarse lo contrario en las especificaciones técnicas particulares.

3.6.3.12 Designación de terminales y secuencia de fases

Cuando corresponda a un transformador trifásico, las terminales deberán denominarse H1, H2, H3, para el devanado de alta tensión. X1, X2, X3 para devanados de baja tensión y Y1, Y2 y Y3 para el devanado terciario. La rotación de fases debe ser R, S, T correspondientes a las terminales H1, H2 y H3. Los terminales correspondientes a los neutros deberán denominarse H0 y X0.

Cuando corresponda a un transformador monofásico, las terminales deberán denominarse H, X, Y, para los devanados de alta tensión, baja tensión y terciario. Los terminales correspondientes a los neutros deberán denominarse H0 y X0.

3.6.3.13 Impedancia y tolerancia

La impedancia requerida será indicada en las especificaciones técnicas particulares, la tolerancia en la impedancia debe estar de acuerdo a las normas y ANSI C57.12.00.

La impedancia de los transformadores debe estar referida a la derivación central.

3.6.3.13.1 Transformadores de dos devanados

La impedancia en transformadores de dos devanados tendrá una tolerancia máxima de $\pm 7.5\%$ del valor garantizado.

La diferencia de impedancia entre dos o más transformadores de dos devanados correspondientes a un mismo lote no debe exceder de 7.5% del valor garantizado.

3.6.3.13.2 Transformadores de tres devanados

Las impedancias de transformadores de tres o más devanados correspondientes a un mismo lote, tendrán una tolerancia máxima de $\pm 10\%$ del valor garantizado.

La diferencia de impedancia entre dos transformadores de tres o más devanados correspondientes a un mismo lote no debe exceder de 10% del valor garantizado.

3.6.3.13.3 Autotransformadores

La impedancia en autotransformadores correspondientes a un mismo lote tendrá una tolerancia máxima de $\pm 10\%$ del valor garantizado. La diferencia de impedancia entre dos o más autotransformadores correspondientes a un mismo lote no debe exceder de 10% del valor garantizado.

3.6.3.13.4 Tolerancia en la relación

De acuerdo con las normas ANSI C57.12.00, estando sin carga el transformador y aplicando la tensión nominal a uno de los devanados, las tensiones en los restantes devanados deben ser las nominales, con una tolerancia de $\pm 0.5\%$. Las tensiones de las derivaciones deben corresponder a la tensión de la vuelta mas próxima, en el caso que la tensión por vuelta exceda de 0.5% de la tensión especificada.

3.6.3.14 Cambiador de derivaciones

3.6.3.14.1 Cambio de derivaciones con transformador desenergizado

- a. El devanado de alta tensión debe estar provisto con 4 derivaciones de 2.5% de la tensión nominal.

- b. Las cuatro derivaciones deben ser para plena capacidad.
- c. En las especificaciones técnicas particulares se indica la ubicación si las 4 derivaciones son 2 arriba y 2 abajo, o también puede requerirse 1 arriba y 3 debajo de la tensión nominal.

3.6.3.14.2 Cambio de derivaciones con carga

En los casos en que se indique en las especificaciones técnicas particulares, los transformadores deben estar equipados con un cambiador de derivaciones de operación con carga y deben cumplir con lo siguiente:

- a. Debe cumplir con la norma IEC 214 y con las siguientes características: todas las derivaciones deben ser a capacidad plena.
- b. Deberán ser *Maschinenfabrik Reinhausen* (MR) no se aceptará otra marca.
- c. El número de derivaciones debe ser de 10 arriba y 10 debajo de la tensión nominal. El valor de cada una de las derivaciones será indicado en las especificaciones técnicas particulares.
- d. Las derivaciones deben estar sobre el devanado de alta tensión, en el caso de autotransformadores las derivaciones se deben tomar del devanado serie.
- e. La operación del cambiador debe ser automática y manual, y debe estar provisto de resistencias de transición.
- f. El cambiador de derivaciones debe ser del tipo de resistencias de transición.
- g. El conmutador o interruptor disyuntor del cambiador debe estar contenido en un recipiente de aceite propio e independiente para evitar la contaminación del aceite del transformador; este recipiente debe soportar las mismas condiciones de presión y vacío que el tanque principal del transformador.
- h. El cambiador debe suministrarse con los aparatos y accesorios necesarios para su control e indicación de posición tanto local como remota (desde el tablero de control de la subestación).

- i. El cambiador de tomas bajo carga deberá contar con un sistema de indicación de posición potenciométrico, con capacidad de manejar corrientes de 0 a 1 mA, el cual será empleado como respaldo para señalización del sistema SCADA, así como entradas digitales externas para maniobras en forma remota.
- j. En caso de bancos de transformadores monofásicos, además del gabinete de control y mecanismos por cada uno de los aparatos, se debe suministrar un gabinete común que centralice la operación de los cambiadores individuales como una sola unidad o banco.
- k. En el caso de un banco de 3 transformadores o autotransformadores y uno de reserva, se deben dejar en el gabinete común, el alambrado y las conexiones de la unidad de reserva, para que mediante un mínimo de interconexiones o puentes se pueda sustituir cualquiera de los transformadores o autotransformadores por el de reserva.
- l. Se debe suministrar el equipo de control y dejar la preparación necesaria para la operación futura del banco de transformadores en paralelo con otro banco similar.
- m. En el caso de segundos bancos de transformadores que se requieran tener en paralelo con uno ya existente, el proveedor debe suministrar los accesorios necesarios de su equipo y completar los accesorios del primero.
- n. Los cambiadores de derivaciones deben contar con los siguientes equipos y accesorios:
 - Tanque conservador de aceite independiente con indicador de nivel y contacto de alarma por bajo nivel.
 - Contacto de alarma por mecanismo trabado.
 - Contacto de alarma por discrepancia de pasos de las fases.
 - Fusible mecánico o diafragma que opere bajo condiciones de sobrepresión con contactos de disparo.
 - Relevador RS-2000 especial para esta aplicación, con contactos independientes de alarma y disparo.

- Válvula para obtener muestras de señalización, tipo intemperie del aceite contenido en el tanque del ruptor.
- o. Gabinete de control exclusivo para cambiadores, conteniendo el mecanismo a motor y conmutadores para los circuitos de control.
- Remoto-local (contactos sostenidos).
 - Subir-bajar (contactos momentáneos).
 - Así como un indicador de posición (no se acepta del tipo lámpara).
- El indicador de posición debe tener incorporado un potenciómetro de 200 ohms; 20 watts, para acoplamiento o equipo de control supervisorio para ejecutar retransmisión de la posición del cambiador.
- Este gabinete debe estar instalado a un costado del tanque del transformador en el segmento 1, con su respectiva puerta con bisagra y manija con previsión para candado; su altura de instalación debe ser similar a la del gabinete de control del transformador, así mismo deben incluirse resistencias calefactoras y previsión para acceso con tubería conduit por su parte inferior (para el cableado externo de la ETCEE-INDE). Todo el cableado interno y las borneras para el mismo deben cumplir con lo indicado para el gabinete de control del transformador. Este gabinete debe contar con una placa de características.
- p. Equipo para control remoto del cambiador, para ser operado desde la sala de tableros de la subestación y que incluya:
- Conmutador para subir y bajar (con contactos momentáneos).
 - Indicador de posición tipo carátula.
 - Selector manual-automático.
- El selector manual automático para que cualquiera de los cambiadores sea maestro debe instalarse en el gabinete común que centraliza la operación que se indica en el inciso e).
- q. El circuito de control del cambiador debe estar diseñado de forma tal, que cada operación del conmutador para subir o bajar cause solamente el movimiento de un paso a otro consecutivo.

- r. Deberá ser parte del suministro un sistema de automatismo para la regulación automática de voltaje, el cual deberá ser *Maschinenfabrik Reinhausen* (MR) no se aceptará otra marca, deberá ser digital. Deberá ser programable (banda y tiempo de respuesta). Adicionalmente deberá contar con un módulo de bloqueo por falta de tensión en el devanado primario mediante una señal externa; para evitar que el módulo de automatismo opere en forma errónea al quedar sin tensión el transformador. La ubicación del mismo será la siguiente para las dos condiciones que se indican a continuación:
- Cuando el suministro corresponda a un banco de transformadores o autotransformadores monofásicos, el regulador deberá estar instalado en el gabinete común centralizador.
 - Cuando el suministro corresponda a un transformador de potencia trifásico, el regulador automático deberá ser instalado en el gabinete exclusivo del cambiador, para éste caso el regulador deberá ser alambrado y probado en 100% desde la fábrica.
- s. Se requiere que el módulo regulador de tensión o sistema de automatismo cuente con puertos de comunicación tipo RS 323 para interrogación y programación, así como puertos adecuados para comunicación remota con sistema SCADA con protocolo de comunicación DNP 3.0. El contratista deberá proporcionar el mapeo completo de los comandos para operación mediante protocolo DNP 3.0.

3.6.3.15 Aisladores pasatapas (*Bushing*)

Todos los extremos de los devanados deben llevarse al exterior a través de aisladores pasatapas (*Bushings*) montadas en la cubierta o en las paredes del tanque.

Cuando se requiera que las conexiones del devanado terciario en transformadores trifásicos salgan al exterior, esto debe indicarse en las especificaciones técnicas particulares. En caso de devanados terciarios de transformadores trifásicos sin salida al exterior, se debe proporcionar una salida a través de un *bushing* del devanado terciario para pruebas.

Los aisladores deben cumplir con la parte eléctrica, características generales y dimensiones con la norma ANSI C76.2, con referencia a descargas parciales se requiere sujetarse a lo indicado en la norma IEC 137.

3.6.3.15.1 Características físicas

Con respecto a todas sus dimensiones físicas, se requiere que sean de acuerdo a las establecidas por la norma ANSI/IEEE C24-1984.

No deben sufrir deterioro en ninguna de sus partes por los esfuerzos ocasionados por la expansión, contracción y vibración que puedan encontrarse durante la operación.

Las porcelanas, accesorios y herrajes para servicio intemperie, no deben ser afectados en su integridad, por cualquiera de las siguientes causas:

- Condiciones atmosféricas.
- Recubrimiento con grasa aislante.
- Proximidad con la costa.
- Humos, vapores o gases.
- Ozono, ácidos, álcalis o polvo.
- Cambios rápidos en la temperatura, que fluctúen entre -10°C y $+40^{\circ}\text{C}$.

3.6.3.15.2 Aisladores pasatapas (*bushing*) de alta tensión

- a. Deben ser del tipo niebla (antifog), forma especial para operación en condiciones ambientales de contaminación elevada, excepto en aquellos casos que se indique de otra manera en las especificaciones técnicas particulares.
- b. El aislamiento externo deberá ser porcelana.
- c. Deben tener un depósito sellado con indicador de nivel de aceite. Adicionalmente debe contar con medios para el llenado y drenado de aceite.
- d. Se requiere tener espacio disponible para colocar hasta tres juegos de transformadores de corriente.
- e. El perno, borne o terminal, expuesto al exterior debe suministrarse con superficies de contacto plateadas.
- f. Deben suministrarse los conectores terminales para conexión con cables aéreos o barras.
- g. Todos los aisladores pasatapas menores de 69 kV deben ser de barra sólida, excepto que en las especificaciones técnicas particulares se indique lo contrario.
- h. Todos los aisladores pasatapas para tensiones de 69 kV y mayores deben ser del tipo condensador, con previsión accesible para pruebas y pueda ser usada como derivación.
- i. La pieza de porcelana, de los *bushings* multisecciones, debe estar cementada y vidriada en conjunto, no aceptándose ningún otro tipo de unión.
- j. Las piezas de porcelana deben estar incólumes, libres de defectos y completamente vitrificadas. La superficie vidriada debe estar libre de cualquier defecto o imperfección, tener un matiz uniforme, cuyo color sea uniforme y cubrir completamente a todas las partes expuestas del aislamiento.
- k. En la derivación capacitiva solo se acepta el tipo de conexión mediante soldadura en ambos extremos, esto es con soldadura en la terminal de la derivación y también en el lado del capacitor.

- l. Los aisladores de 69 kV y mayores deben ser huecas para introducir un conductor central excepto que en las especificaciones técnicas particulares se indique lo contrario.
- m. La corriente nominal de los aisladores pasatapas debe ser del valor normalizado superior equivalente al 150% del valor de corriente nominal del transformador asociado.
- n. Para aisladores pasatapas (*bushing*) de 230 kV y mayores se deben suministrar anillos equipotenciales.

3.6.3.15.3 Aisladores pasatapas (*bushing*) de baja tensión y neutros

- a. La corriente nominal será al menos el equivalente al 150% de la corriente nominal del equipo asociado y cerrada al valor entero inmediato superior normalizado.
- b. Se requiere un espacio disponible para colocar hasta dos juegos de transformadores de corriente.
- c. Deben ser de una sola pieza de porcelana.
- d. Las superficies de contacto expuestas al exterior deben ser plateadas.
- e. Debe suministrarse el conector para conexión.
- f. Las bridas metálicas para sujeción de los *bushings*, así como las bridas para acoplamiento al bus de la fase aislada segregada no deben tener continuidad magnética o bien ser de material no magnético.

3.6.3.15.4 Condiciones de los aisladores pasatapas utilizadas

- a. Mientras no se especifique color en las especificaciones técnicas particulares, el fabricante esta en libertad de elegirlo, siempre y cuando sean todas los *bushings* del transformador del mismo color y tono.

- b. Los aisladores son consideradas como componentes críticos, por lo que el fabricante del transformador debe exigir, por cada modelo y tipo de *bushing* suministrado a la ETCEE, la ejecución de pruebas de prototipo. La prueba de elevación de temperatura debe invariablemente estar incluida en el reporte de pruebas de prototipo a los *bushings*, no se acepta la calificación de esta prueba con *bushings* de otra capacidad.
- c. El fabricante del transformador debe establecer y suministrar lo necesario para evitar puntos calientes en las áreas de contacto en las terminales de los aisladores pasatapas, debe establecer los requerimientos que debe satisfacer la conexión en lo que respecta al tipo y clase de tornillos a utilizar, el sistema de garantía de presión necesario, tipo de rondanas y seguros que garanticen un contacto libre de puntos calientes en las terminales.
- d. Todos los empaques utilizados en los *bushings* deben ser capaces de soportar permanentemente la temperatura máxima de la clase de aislamiento utilizada en el transformador sin perder sus propiedades físicas durante la vida esperada del transformador y/o alternar las características de hermeticidad del *bushing*.
- e. El fabricante del transformador debe exigir al fabricante del *bushing* incluir en las pruebas de rutina la medición de descargas parciales y la verificación de la hermeticidad.
- f. El fabricante del transformador debe proporcionar las recomendaciones necesarias para el mantenimiento predictivo y preventivo de los *bushings*.

3.6.3.16 Nivel de ruido promedio

El nivel de ruido promedio del transformador no debe exceder los valores especificados por las normas NEMA TR-1.

3.6.3.17 Características de cortocircuito

Todos los devanados de los transformadores de potencia, deben ser diseñados, contruidos y probados para soportar los esfuerzos mecánicos y térmicos producidos durante cortos circuitos externos para cualquier tipo de falla, de acuerdo con las condiciones descritas en esta norma y en las especificaciones técnicas particulares.

3.6.3.18 Duración de la corriente de cortocircuito

El transformador debe ser diseñado para soportar una corriente de cortocircuito durante un tiempo de tres segundos, sin exceder en los conductores una temperatura de 250 °C si son de aluminio.

Para satisfacer los requerimientos de diseño que debe soportar por razones de cortocircuito del transformador, se debe considerar la elevación de temperatura a la carga máxima nominal previo al cortocircuito.

3.6.3.19 Magnitud de la corriente de cortocircuito

Los transformadores de potencia a que se refiere esta norma, deben ser diseñados, considerando la relación de reactancia-resistencia (X/R) indicada en la Tabla XXVI (Véase Anexo 2), ya que la corriente de cortocircuito es limitada por la impedancia del transformador mas la impedancia del sistema.

Los transformadores de potencia a que se refiere esta norma deben ser diseñados para soportar el esfuerzo producido por el efecto de la máxima corriente de cortocircuito y que implica la magnitud de la simetría a considerar, para evaluar la resistencia del transformador a esfuerzos mecánicos.

3.6.3.19.1 Características de cortocircuito del sistema

- a. Para la potencia de cortocircuito en el sistema relacionada con cada nivel de tensión, debe considerarse lo establecido por las normas ASNI/IEEE C57.12.00 y C57.12.90.
- b. Para la relación de reactancia ($X0/X1$) se debe usar un valor de dos.
- c. Para la relación de reactancia-resistencia (X/R), debe usarse para efecto de diseño y construcción un valor de 14 de donde se obtiene un factor de asimetría de 2.55.

3.6.3.19.2 Inclusión de impedancias adicionales

La ETCEE-INDE rechaza el uso de impedancias adicionales a la de los propios devanados, para cumplir con los requerimientos de cortocircuito del transformador.

3.6.3.20 Tensión de alimentación del equipo auxiliar del transformador

Esta tensión se indica en las especificaciones técnicas particulares y preferentemente debe corresponder a una de las indicadas a continuación:

- 127/220 VCA. 60 Hz.
- 125 VCD.

3.6.3.21 Descargas parciales

El valor máximo de descargas parciales debe ser medido de acuerdo a la norma ANSI/IEEE C57.13, durante la prueba de tensión inducida en larga duración. El valor medido debe ser menor de 300 pC, registrados cada cinco minutos durante una hora que dura la aplicación de la tensión de prueba de 1.5 veces la tensión nominal máxima de fase a tierra.

3.6.3.22 Transformadores de corriente tipo *bushing*

El número, ubicación, relación y clase de precisión de los transformadores de corriente que se requieran se debe indicar en las especificaciones técnicas particulares. Estos transformadores deben cumplir con las normas ANSI/IEEE C57.13 y con lo siguiente:

- a. Los cables de los secundarios de transformadores de corriente deben salir, a través de un pasamuro o una caja colocada en la parte exterior del pasamuro y alambrarse hasta las tablillas terminales localizadas en el gabinete de control. No deben tener empalmes los conductores.
- b. Se deben proveer tablillas cortocircuitables para poner en cortocircuito los secundarios de los transformadores de corriente, en el gabinete de control; no se aceptan interruptores de palanca.
- c. El aislamiento de los conductores que van de los transformadores de corriente a los pasamuros debe ser altamente resistente al aceite antiplama y para 90 °C tipo MTW.

3.6.4 Características de fabricación

3.6.4.1 Sistema de enfriamiento

Con el fin de facilitar su descripción se incluyen las siguientes definiciones y generalidades:

- a. Radiador (celda, tubo, oblea o aleta); es el elemento unitario disipador de calor.
- b. Enfriador; es el conjunto de radiadores que actúan como la unidad disipadora de calor, que consta de una sola fila de radiadores, con válvulas de mariposa a la entrada y a la salida, con el fin de que puedan montarse y desmontarse a un cabezal o al tanque del transformador sin necesidad de extraer el aceite.

- c. La unidad de enfriamiento está compuesto de un enfriador y sus respectivos ventiladores.

El proveedor debe indicar en su oferta el número de enfriadores que tiene el transformador, la cantidad de ventiladores por paso e indicar la disminución de la capacidad al perder un ventilador y, al perder un enfriador.

El sistema de enfriamiento, deseado para el transformador se indica en las especificaciones técnicas particulares y debe cumplir con los siguientes requisitos:

- Diseño que evite la acumulación de agua en cualquier parte.
- De material ligero que acepte cualquier recubrimiento anticorrosivo, que garantice eliminar la corrosión durante diez años y sin importar las condiciones ambientales del lugar de instalación.

3.6.4.1.1 Sistema de enfriamiento ONAN

- a. El transformador debe contar con el número suficiente de enfriadores, con objeto de no exceder las temperaturas máximas permisibles señaladas en el inciso 5.6.3.2 de esta norma y deben estar diseñadas de tal manera que no ejerzan esfuerzos en los puntos de acoplamiento con las válvulas para evitar fugas de aceite.
- b. A la entrada y a la salida de cada enfriador se deben proporcionar sus respectivas válvulas de mariposa con objeto de poder desmontar los enfriadores del tanque, sin necesidad de vaciar el aceite del transformador.
- c. Si la temperatura del aceite esta entre 0 °C y 120 °C, las válvulas deben proveer un sello hermético a prueba de fugas cuando estén desmontados los enfriadores.
- d. Estas válvulas deben estar montadas en el tanque del transformador o cabezal y acoplarse a los enfriadores por medio de bridas atornilladas y con empaques a

prueba de aceite. Un lado de las bridas debe contar con una caja circular con un acabado maquinado de forma rectangular para poder alojar el empaque (junta), y con ello evitar sobrecompresiones de los empaques.

- e. Cada enfriador debe contar con medios para el izaje y con drenes en ambos cabezales.
- f. Todos los enfriadores deben ser intercambiables.
- g. Se debe desensamblar uno o varios enfriadores sin tener que poner fuera de servicio el transformador.
- h. Los radiadores y enfriadores deben ser capaces de resistir, sin sufrir daños o deformaciones permanentes, los esfuerzos producidos al aplicar vacío absoluto al nivel del mar, así como una prueba de presión de 103 kPa.

3.6.4.1.2 Sistema de enfriamiento ONAN/ONAF

Estos sistemas deben cumplir con lo especificado en la norma ANSI/IEEE C57.12.10, así como con lo siguiente:

- a. El transformador debe contar con un número suficiente de radiadores o enfriadores, detectores de temperatura, sistemas de control y protección, etc., con el objeto de que el transformador no exceda las temperaturas máximas permisibles señaladas en esta norma y en las especificaciones técnicas particulares.
- b. Deben cumplirse con los requisitos: b, c, d, e y f del inciso 5.6.4.1.1 de esta norma.
- c. Los motores de los ventiladores deben ser trifásicos siempre y cuando no se indique otra característica en los requerimientos técnicos, además deben cumplir con lo siguiente:
 - Totalmente sellados.
 - A prueba de goteo.
 - Servicio intemperie.

- Frecuencia 60 Hz.
 - Clase de aislamiento tipo B.
 - Elevación de temperatura 80 °C.
- d. Con dispositivos de protección, contra cortocircuitos y sobrecargas, mediante arrancador magnético.
- e. La tensión de alimentación debe ser la indicada en las especificaciones técnicas particulares.
- f. El control de los pasos de enfriamiento debe hacerse en base a la temperatura, esto es, por un termómetro de imagen térmica de devanados.
- g. El gabinete de control del transformador debe incluir lo siguiente:
- Interruptores termomagnéticos por grupo o paso de enfriamiento.
 - Contactores magnéticos directos a la línea, para arranque y paro de grupo o paso de enfriamiento.
 - Un dispositivo selector para operación MANUAL AUTOMÁTICO, esto es, para operación automática por medio de los dispositivos térmicos y para operar manualmente los ventiladores, independientemente de los dispositivos térmicos.
 - Para operar manualmente los ventiladores, independientemente de los dispositivos térmicos. Este selector debe ser del tipo conmutador rotatorio, uso rudo de dos posiciones.
- h. El diseño de los grupos de ventiladores, debe ser tal que permita el acceso en operación con seguridad a cada ventilador para su cambio y mantenimiento.

3.6.4.2 Núcleo

- a. Los núcleos deben montarse y sujetarse de tal manera que resistan, sin deformaciones ni daños permanentes, las fuerzas producidas por los esfuerzos de cortocircuito, maniobras, transporte y operación. Asimismo, debe prevenirse el desplazamiento de las laminaciones del núcleo durante el transporte, maniobra, etcétera.
- b. El conjunto debe estar provisto de ojos y orejas para su izaje, excepto cuando se trata de transformadores con núcleo tipo acorazado.
- c. El núcleo tipo columna y su estructura, deben conectarse a tierra solo en un punto, mediante una conexión externa, fácilmente accesible, fabricada en tal forma que sea de fácil apertura para verificar el aislamiento del núcleo. Cuando la conexión a tierra sea removida, la resistencia del aislamiento sin aceite entre el núcleo y tierra no debe ser menor de 200 MΩ medidos a 1000 VCD y soportar una tensión de 2 kV (CA) durante 1 min. entre el núcleo y el tanque.
- d. Si el núcleo está fabricado en varias secciones, como el tipo acorazado, cada sección debe cumplir con los requerimientos señalados en el subinciso c., excepto que el valor de la resistencia de aislamiento sin aceite debe ser mayor a 200 MΩ.

3.6.4.3 Devanados

- a. Los devanados de los transformadores deben ser capaces de soportar las pruebas dieléctricas especificadas en la sección 5.6.7 de esta norma para la clase de aislamiento asignada a cada devanado.
- b. No se acepta la utilización de reactores y/o varistores.
- c. Se requiere presentar los dibujos que muestren el arreglo.
- d. Las uniones de los conductores deben ser soldadas eléctricamente o con autógena empleando soldadura de plata y aisladas de acuerdo al aislamiento básico.
- e. Se deben usar conexiones apropiadas en todos los conductores del cambiador de derivaciones y cajas terminales, para evitar que las conexiones se aflojen.

- f. Las conexiones de los devanados a la caja de terminales y a los *bushings* deben estar rígidamente soportadas para evitar daños por vibración.
- g. Las bobinas, devanados y guías deben estar convenientemente sujetos y soportados de manera que resistan los esfuerzos mecánicos producidos por un cortocircuito, en cualquier juego de terminales. El ensamble completo de los devanados no debe sufrir ningún desajuste ni deformación debido a los esfuerzos mediante cortocircuito o durante el embarque, transporte y maniobras.
- h. El fabricante debe proporcionar en su documento manuales técnicos planos esquemáticos y constructivos del ensamble del núcleo, bobinas y guías de conexión, claros dieléctricos internos y dimensiones del conjunto núcleo-bobinas dentro del tanque.
- i. La guía (cable de conexión) que salga de devanados a cualquier accesorio cambiador de derivaciones o *bushing* debe ser de una sola pieza. No se aceptan empalmes.
- j. Las interconexiones internas para el cierre de deltas o guías a los *bushings* y cambiador de derivaciones deben estar aislados en toda su longitud.

3.6.4.4 Tanques y cubiertas

- a. Los tanques y cubiertas de los transformadores deben ser construidos de placa de acero adecuada para ser soldada y de una construcción tal, que resista sin daño alguno, los esfuerzos inherentes a embarque, transporte, operación y pruebas
- b. Los tanques, cubiertas, radiadores, tanques de expansión y demás accesorios deben ser capaces de resistir sin sufrir daños o deformaciones permanentes por los esfuerzos producidos al aplicar vacío absoluto al nivel del mar.
- c. El tanque y la cubierta deben estar libres de rebabas y sustancias corrosivas y extrañas antes del ensamble.
- d. Deben proporcionarse los medios adecuados para remover y colocar el tanque sin que se dañen los devanados y el núcleo para el caso de los transformadores tipo acorazado.

- e. Cuando se trate de transformadores tipo columna, el tanque debe contar con los medios necesarios para facilitar la remoción del conjunto del núcleo-bobinas.
- f. Deben suministrarse dispositivos de soporte para prevenir el movimiento del ensamble del núcleo y bobinas durante el transporte.
- g. El transformador estará provisto de al menos dos agujeros de inspección (*man-hole*) de los cuales; al menos uno de los registros debe localizarse sobre la cubierta del tanque, de tal forma que asegure la facilidad de realizar trabajos de reapriete de guías y de bobinas al yugo superior, y otro deberá estar ubicado para tener acceso a las conexiones del cambiador de tomas bajo carga. En ambos casos éstos registros deben ser con tapa atornillada, que ofrezca fácil acceso.
- h. Las válvulas de mariposa de cierre, superiores e inferiores de los radiadores, deben tener indicador de posición y estar sujetas al tanque mediante bridas.
- i. Las superficies a la que se les coloca empaque, deben ser maquinadas, lisas y planas, y tener la suficiente rigidez para asegurar una comprensión adecuada de los empaques. Se deben proveer cajas maquinadas para evitar sobrecompresion en los empaques, los cuales no deben sobresalir de las bridas de los *bushings*, registros de hombre, válvulas o cualquier otra brida.
- j. Los tanques de cada transformador deben proporcionarse con un bastidor inferior de acero estructural, de acuerdo a la norma ANSI/IEEE C57.12.10.
- k. Se deben proporcionar los medios necesarios tales como placa o barra, para conectar a tierra en dos puntos el transformador, incluyendo todos los tornillos y rondanas necesarias, las cuales deben ser de acero inoxidable o bronce.
- l. El calibre mínimo de los conectores se especifica en las especificaciones técnicas particulares.
- m. Se deben proporcionar guías dentro del tanque para facilitar el movimiento del núcleo y de los devanados cuando estos se introduzcan o se saquen del tanque.
- n. Los tanques deben tener las orejas necesarias, de tal manera que el transformador pueda jalarsse en cualquier dirección, así como para el izaje y manejo cuando el transformador esta ensamblado y con aceite.

- o. Se requiere que por diseño se evite la acumulación de agua en la cubierta del tanque, en todas las tapas y superficies superiores de tableros, tanque conservador o del cambiador, etcétera.
- p. Se debe eliminar toda perforación o barreno sobre la pared o cubierta de los tanques, el fabricante debe fijar o soportar los accesorios sin hacer perforaciones.
- q. Se requiere de una escalera marina, provista de puerta de acceso con previsión de porta candado.

3.6.4.5 Tubería para alambrado

Los tubos necesarios para albergar a los conductores del circuito de alambrado, se requiere fijarlos al tanque en sus diferentes trayectorias. El diámetro del tubo debe estar de acuerdo al número de conductores que se introduzcan.

3.6.4.6 Aceite dieléctrico

El aceite dieléctrico deberá cumplir con las normas ASTM-D-1040 para aceites inhibidos. El aceite deberá tener una rigidez dieléctrica mínima de 30 KV, según normas ASTM-D-877 y debe ser nuevo y de primera calidad y no se aceptara bajo ningún concepto aceite reciclado. Asimismo debe cumplir con las siguientes normas:

ASTM D12980.861 min. 0.9 max a 20/4 °C

ASTM D 445 A 20, 40 Y 100 °C. VALORES MAX.

ASTM D92 140 °C MIN.

ASTM D97 -39 °C MAX.

ASTM D974 0.03 mgKOH/g MAX.

ASTM D971 40 DINAS MIN.

ASTM D1500 1 MAX.

ASTM D1533 35 mg/kg

ASTM D 878 AUSENTES

ASTM D 1275 AUSENTES
ASTM D 611 MIN 62 °C, MAX 84 °C.
ASTM D 1218 MIN 1475, MAX 1500
ASTM D 877 30 kv MIN.
ASTM D 924 A 25 °C 0.05, 100 °C .50,
ASTM D 2668 %MASA 0.08
ASTM 1240 CONTENIDO DE CARBONOS.

Se debe suministrar la totalidad del aceite necesario para el llenado más 10 toneles de 55 galones por transformador, los cuales serán empleados para limpieza de Bombas de llenado y equipo de tratamiento.

El aceite debe ser libre de PCB'S por lo que se debe acompañar certificación del mismo.

3.6.4.7 Sistema de conservación del aceite

Se debe proporcionar un sistema de tanque conservador de aceite.

En este sistema, el interior del tanque principal, totalmente lleno de aceite debe estar aislado de la atmósfera y conectado a un tanque conservador, parcialmente lleno de aceite. El volumen de este debe ser tal que mantenga los niveles del aceite en valores satisfactorios para una variación de temperatura del aceite de 100 °C.

Para evitar el contacto del aceite aislante y el aire de la atmósfera, se debe suministrar un sistema de sello de diafragma elástico. De aceptarse otro sistema, en las especificaciones técnicas particulares se indicará cuál debe ser.

3.6.5 Accesorios

Dentro del alcance del suministro, e incluidos en el precio del equipo, deben suministrarse los siguientes accesorios normales.

3.6.5.1 Cambiador de derivaciones

El cambiador de derivaciones será en vacío o bajo carga, de acuerdo a lo indicado en los requisitos técnicos para el suministro. Deberá cumplir con lo especificado en la sección 5.6.3 de la presente norma.

3.6.5.2 Indicador de nivel de aceite

Un indicador magnético de nivel de aceite, que cumpla con lo establecido en las normas ANSI/IEEE C57.12.10 y que adicionalmente cuente con un juego de contactos de alarma por bajo nivel de aceite, de 125 VCD, 0.25 A. El diámetro de la carátula debe ser no menor de 140 mm y debe tener marcas de 25 °C (nivel normal), BAJO y ALTO.

3.6.5.3 Válvula de drenaje, muestreo, filtro y vacío

Un juego de válvulas que cumpla con lo indicado en las normas ANSI/IEEE C57.12.10 dentro de las cuales se deben contemplar las siguientes:

- Válvulas para muestreo de aceite de cuba principal y cambiador de derivaciones, debe contener tapón y ser ambos del mismo material.
- Válvula de drenaje localizada en la parte más baja del tanque con un diámetro de 4". El tapón de la válvula de drenaje debe ser del mismo material que la válvula.
- La válvula superior de filtrado y de acceso para vacío con un diámetro de 4". El tapón de la válvula de drenaje debe ser del mismo material que la válvula.

3.6.5.4 Accesorios de maniobras

Deben suministrarse los accesorios de maniobras que a continuación se mencionan:

- a. Bastidor (facilidades para desplazamiento).
- b. Bases para instalación de gatos hidráulicos.
- c. Dispositivos de izaje.

Cada transformador debe contar con los dispositivos de izaje (ganchos y orejas) necesarios para un levantamiento completo y para maniobras, así como para el levantamiento de la cubierta y el conjunto núcleo-bobinas (excepto el conjunto núcleo-bobinas en el caso de transformadores tipo acorazado) tal como se indica en las norma ASNI/IEEE C57.12.10.

3.6.5.5 Placas de datos

Las placas de datos deberán ser de acero inoxidable, las inscripciones serán en bajo relieve y deberán estar localizadas a una altura no superior a 1.8 metros desde el nivel inferior. Cada transformador deberá estar equipado con las siguientes placas de datos:

Una de las placas llevará las características indicadas en la norma ANSI-C.57.12-2000 sección 5.12.2. Además de lo indicado en esta norma el fabricante debe dejar impresos los valores de impedancia alta/baja, baja/terciario, alta/terciario (cuando aplique) en valores por unidad referidas a la potencia nominal ONAF. Para las posiciones 1, 11 y 21 del cambiador de derivaciones, así como el valor de impedancia de secuencia cero.

La segunda placa deberá indicar diagrama eléctrico de todos los accesorios, cableados y borneras del transformador.

3.6.5.6 Gabinete de control

El gabinete de control debe ser de lámina de acero, para servicio intemperie debe llenar las siguientes características:

- a. Puertas con bisagra y provista de empaque, la cual se requiere sea conectada a la barra de neutro a través de un conductor flexible.
- b. Previsión para tubos conduit por la parte inferior para la llegada del cableado externo de la ETCEE.
- c. Manija con previsión para candado.
- d. Debe estar ubicado de tal manera que su parte más alta no exceda de 2 m y su parte más baja se localice a más de 500 mm del piso.
- e. Este gabinete debe alojar lo siguiente:
 - Tablillas terminales de control. – Estas tablillas de control, fuerza y para terminales de transformadores de corriente, las tablillas de control deben ser independientes de las de fuerza, y de las de los transformadores de corriente, deben cumplir con la norma NEMA ICS-4, estas tablillas deben estar perfectamente identificadas.
 - Tablillas de control. – Estas tablillas deben ser para 600 V, 30 A y debe proveerse un 20% de terminales en reserva para uso de la ETCEE.
 - Tablillas de fuerza. – Deben ser para 600 V, y de la capacidad necesaria.
- f. Alambrado. – Todo el alambrado de control y fuerza deben conectarse a las tablillas terminales antes mencionadas. Cada cable en particular debe traer su propia identificación.
- g. Alimentación, control y protección del sistema de enfriamiento. – De acuerdo a los requerimientos respectivos para cada tipo de enfriamiento descrito.

El circuito de alimentación debe comprender el siguiente equipo y su valor se indica en las especificaciones técnicas particulares:

- Un interruptor termomagnético principal de 600 V y acorde con la carga que demanda el tipo de enfriamiento.
- Dispositivo selector para operación manual-automático.

Resistencia calefactores y termostato

Una resistencia calefactora, un termostato debe ser 220 VCA dos fases, excepto que se indique otra cosa en las especificaciones técnicas particulares.

La potencia debe ser la adecuada de acuerdo al tamaño del gabinete de control.

El termostato debe tener un rango de 0 a 50 °C.

Esta resistencia debe estar protegida con una rejilla metálica y con interruptor termomagnético de capacidad adecuada, localizada en la parte inferior del gabinete.

Placa de diagrama de conexiones.

Una placa metálica que contenga el diagrama de conexiones, para identificación de terminales y equipos.

Barra de neutro. – Al interior del gabinete en su base, se requiere una barra de cobre para conexión a tierra.

El montaje del gabinete no debe ser rígido y considerar el amortiguamiento entre este y la cuba principal.

3.6.5.7 Indicador de temperatura de aceite

El indicador de temperatura de aceite debe ser AKM o de tecnología similar, no se aceptarán indicadores electrónicos. Debe cumplir con la norma ANSI/IEEE C57.12.10. Además debe contar con 2 contactos de 250 V, 0.25 A ajustables a diferentes temperaturas.

3.6.5.8 Indicadores de temperatura de los devanados (imagen térmica)

Cada devanado del transformador deberá contar con un indicador de temperatura de los devanados, el cual deberá ser AKM o de tecnología similar. No se aceptarán indicadores electrónicos.

El diseño deberá considerar que el arranque de las etapas de enfriamiento serán gobernadas por el indicador de temperatura del devanado primario.

Cada indicador de temperatura deberá contar con contactos para alarma y apertura, de acuerdo a la norma la norma ASNI/IEEE C57.12.10, excepto que los contactos deben ser para 0.25 A a 250 V.

3.6.5.9 Tanque de expansión

Los tanques conservadores deberán tener compartimientos independientes para la compensación de la dilatación de aceite de la cuba principal y del cambiador de derivaciones bajo carga.

El tanque de expansión de cada unidad, será provisto de indicadores de nivel, además estará provisto con contactos para alarma y disparo de nivel mínimo de aceite.

Adicionalmente, la ventilación de los compartimientos tanto de la cuba principal como del cambiador de derivaciones bajo carga se debe realizar a través de recipientes apropiados con silicagel.

Los recipientes de silicagel deben ser accesibles para efectos de mantenimiento y recambio.

Deben estar diseñados para soportar el vacío total, la tecnología de conservación debe ser tal que el aceite no entre en contacto con el medio ambiente por lo que se requiere que el mismo disponga de una bolsa de caucho u otro material polimérico para compensar los cambios de nivel por operación del transformador. Se debe garantizar que el material de la misma no se degradará por el contacto permanente con el aceite del transformador.

No se permitirá tanques de conservación con punta, cuadrada o rectangular.

La unión entre el tanque de expansión y la cuba debe diseñarse de tal forma que tenga la flexibilidad suficiente para evitar problemas de dilatación y antisísmico.

3.6.5.10 Relevador de acumulación de gases

Relevador accionado por gases y aceite instalado en cada tubo que conecte el tanque conservador con el tanque principal. El relevador debe estar equipado con contactos de desconexión o disparo.

3.6.5.11 Transformador de corriente

Los transformadores de potencia deberán contar con transformadores de corriente ubicados en los aisladores pasatapas. Los transformadores de corriente deberán ser de relación múltiple y cumplir con la norma de fabricación ANSI C57.13. La salida de los transformadores de corriente para protección y medición será de 5 amperios.

La cantidad y clase requerida de transformadores de corriente se indicará en las características particulares de cada transformador.

Las borneras o terminales de los transformadores de corriente deberán estar alambradas de fábrica al armario del transformador, las cuales deberán estar claramente identificadas. Las borneras deberán contar con elementos para efectuar el puente o cortocircuito de los transformadores de corriente, así como mecanismo de seguridad para prevenir que las conexiones se aflojen por la vibración.

Las características de los transformadores de corriente para las imágenes térmica y la señal del sistema de automatismo del cambiador de derivaciones serán de acuerdo a los requerimientos de los equipos que serán alimentados con dicha señal y son parte del presente suministro.

3.6.5.12 Dispositivos de alivio de presión

Este dispositivo tiene por objeto expulsar los gases y el aceite aislante al aumentar la presión interior del transformador.

El sistema de alivio de presión debe ser seleccionado por el fabricante, para ello considerar que en caso de cualquier falla interna opere el dispositivo de alivio, pero sin provocar fugas o deformaciones permanentes en el tanque. Debe tener incluidos contactos de señalización sellados a prueba de intemperie.

El intervalo de operación requerido para el dispositivo de alivio de sobrepresión interna es entre 61.8 kPa y 75.5 kPa.

Al presentar su oferta el fabricante debe describir el sistema empleado, resaltando su intervalo de operación y ventajas del dispositivo de alivio.

3.6.5.13 Alambrados de control y fuerza

El alambrado de control entre los diversos aparatos y la caja de conexiones del transformador debe ser hecho por el proveedor atendiendo a los siguientes requisitos:

- El alambrado de llegada debe ir a un mismo lado de la tablilla terminal. Cualquier conexión común que se requiera por el proveedor debe ser hecha en este mismo lado dejando libre el otro lado para el alambrado de la ETCEE.
- El arreglo del alambrado debe ser tal que los aparatos e instrumentos puedan ser removidos sin causar problemas en el alambrado.
- La ruta del cableado debe ser ordenada y no obstaculizar la apertura de puertas, cubiertas, revisión de equipo, acceso a terminales, aparatos e instrumentos y el alambrado en el campo.
- El alambrado debe agruparse en paquetes y asegurarse con lazos no inflamables y no metálicos.
- El alambrado debe ser instalado, conectado y probado por el proveedor antes del embarque.
- Debe utilizarse cable tipo flexible para 600 V y 90 °C resistentes al aceite.
- Los cables que pasen a puertas embisagradas deben ser del tipo extraflexible, adecuado para esta aplicación.
- El calibre de los conductores usados debe ser el adecuado para cada aplicación pero en ningún caso menor de sección transversal 2.08 mm^2 14 AWG (19 hilos).
- No debe efectuarse ningún empalme del cable en el gabinete de control o en las tuberías conduit.
- Cada cable debe ser identificado con su número en los extremos por medio de un manguito de plástico u otra identificación permanente similar.

3.6.5.14 Accesorios de fijación

Los transformadores se deben suministrar con dispositivos de fijación al suelo que impidan cualquier desplazamiento en cualquier dirección horizontal o vertical, durante un sismo.

Para propósitos del diseño de los dispositivos de fijación los transformadores deben ser considerados como “depósitos”, calculando los esfuerzos a partir del dato de Aceleración sísmica horizontal máxima declarada en las especificaciones técnicas particulares.

3.6.6 Recubrimiento y pintura

Todas las superficies de los transformadores deberán pintarse de acuerdo con lo indicado en la norma. El color deberá ser ANSI 70, Las superficies deberán ser limpiadas químicamente o por chorro de arena, aplicando posteriormente una capa base inhibidora de corrosión, la pintura deberá ser secada al horno y deberán aplicarse como mínimo dos capas.

La parte interna de la cuba deberá ser cubierta con pintura a base epóxica o similar con características apropiadas para soportar el contacto con aceite dieléctrico, deberá ser de color blanco de preferencia.

El espesor de la pintura para el tanque principal, tanque conservador, gabinete y radiadores deberá tener un espesor mínimo de 80 micrómetros, el espesor de la pintura para los componentes menores deberá ser de 30 micrómetros como mínimo.

El espesor del fondo deberá tener un espesor mínimo de 80 micrómetros, el cual deberá ser a base epóxica o con características similares.

Deberá incluirse en el envío 12 litros (o su equivalente aproximado en galones) de pintura por cada transformador, para proceder a trabajos de retoque.

3.6.7 Pruebas y ensayos

Los transformadores deberán ser ensayados en fábrica previamente a ser trasladado a Guatemala. El contratista previo a la programación de las pruebas deberá proporcionar a la ETCEE el anteproyecto del protocolo de pruebas. Deberá indicarse el listado de equipo disponible en el laboratorio donde se ejecutaran las pruebas al transformador. Asimismo deberá indicar los valores garantizados y tolerancias esperadas en las pruebas a realizar, así como las normas en que se basan las pruebas que se efectuarán las mismas. Dicha información deberá ser entregada como mínimo con un mes de antelación a la programación de las pruebas en fábrica.

El desarrollo de las pruebas en fábrica de los transformadores de potencia serán supervisadas por ingenieros de de ETCEE-INDE-. Todos los gastos de viaje desde Guatemala hasta la fábrica y de la fábrica a Guatemala así como la alimentación, hospedaje e impuestos será responsabilidad del oferente. La cantidad de ingenieros que supervisarán las pruebas será indicada en los requerimientos técnicos de la invitación a ofertar.

3.6.7.1 Pruebas de rutina

Estas pruebas deberán realizarse a todas las unidades que serán suministradas a ETCEE – INDE. Deberán realizarse todas las pruebas de rutina indicadas en la norma de fabricación de los transformadores, entre las cuales deben incluirse las que se indican a continuación:

- a. Resistencia de bobinados según norma IEEE Std C57.12.00-2000 secciones 5 y 8.

- b. Relación de transformación y grupo de conexión según norma IEEE Std C57.12.00-2000 secciones 5 y 8.
- c. Impedancia de cortocircuito y pérdidas en carga según norma IEEE Std C57.12.00-2000 secciones 5 y 8.
- d. Pérdidas y corriente de vacío según norma IEEE Std C57.12.00-2000 secciones 5 y 8.
- e. Ensayos dieléctricos de rutina incluyendo medición de descargas parciales, según IEEE Std C57.12.00-2000 secciones 5 y 8.
- f. Ensayos en conmutadores bajo carga, según norma según norma IEEE Std C57.12.00-2000 secciones 5 y 8.
- g. Pruebas en los accesorios, según norma IEEE Std C57.12.00-2000 sección 8
- h. Prueba de hermeticidad que se deberá realizar aplicando 0.5 kilogramos por centímetro cuadrado durante 24 horas y la cuba no deberá presentar fugas.
- i. Pruebas de aceite según norma ASTM.
- j. Factor de potencia en los aislamientos de los devanados (aplicando el método II de la norma ANSI C57.12.90.
- k. Pruebas de impulso según normas IEEE Std C57.12.00-2000 sección 8 e IEEE C57.98-1993.
- l. Resistencia óhmica de los devanados en las posiciones mínima, nominal y máxima.
- m. Corriente de excitación referida a corriente del último paso de enfriamiento de cada capacidad.
 - Tensión nominal.
 - 90% de la tensión nominal.
 - 110 % de la tensión nominal.
- n. Impedancia de secuencia cero medida de acuerdo a las normas ANSI C57.12.90
- o. Alambrado de control, medición y protección.
 - Operación del equipo.
 - Resistencia de aislamiento a 1000 VCD.

- Sobretensión aplicada a frecuencia industrial y a 1500 VCA.
- p. Resistencia de aislamiento entre núcleo y tierra.
Esta prueba debe efectuarse antes y después de las maniobras de embarque (en fábrica y en sitio).
- q. Análisis cromatográfico de gases disueltos en el aceite, antes y después de las pruebas dieléctricas y de temperatura.
- r. Pruebas dieléctricas a los aisladores pasatapas con derivación de prueba.
- Medición de la capacitancia y factor de potencia a cada una de los *bushings* ya instaladas en el transformador antes y después de las pruebas dieléctricas.
 - Si para realizar estas pruebas se requiere de un dispositivo especial para la derivación capacitiva, ésta debe estar dentro del alcance del suministro.

3.6.7.2 Ensayos tipo

Éstos se deben efectuar a un transformador de cada lote de idénticas características. El supervisor de ETCEE-INDE elegirá al azar la unidad a la cual se deberán realizarse las pruebas tipo dentro del lote correspondiente. Las pruebas se deberán realizar de acuerdo a la siguiente norma:

- a. Prueba de calentamiento, según norma IEEE Std 57.12.00-2000 sección 8.
- b. Impulso por maniobra. Esta prueba se debe aplicar solo en transformadores de 400 kV y mayores.

La falla de la ejecución de esta prueba reserva al INDE el derecho de solicitar la ejecución de la fianza de cumplimiento en caso así lo determine el certificador de las pruebas al comprobar que no es posible la realización de reparación alguna.

En cualquier caso el INDE no concederá ampliación del plazo de entrega por este motivo.

3.6.7.3 Ensayos especiales

Se deberán realizar a los transformadores de potencia los ensayos especiales que se indican a continuación:

- a. Ensayos completos con equipo doble M4000 a 10 kV
- b. Ensayos dieléctricos especiales según norma IEEE Std 57.12.00-2000 sección 8.
- c. Resistencia de aislamiento según norma IEEE Std C57.12.90 ítem 10.11 1993
- d. Factor de disipación o tangente de delta según norma IEEE Std. C57.12.90 ítem 10.10.
- e. Medición de capacitancias según norma IEEE Std. C57.12.90 ítem 10.10.
- f. Nivel de ruido según norma IEEE Std C57.12.00-2000 sección 8 y NEMA TR 1 1993.
- g. Medición de armónicos de corriente en vacío según norma.
- h. Potencia consumida por motores de ventiladores.
- i. Análisis físicoquímico del aceite dieléctrico antes y después de las pruebas de aislamiento y tipo.
- j. Análisis cromatográfico antes y después de las pruebas dieléctricas, de impulso y calentamiento, la prueba deberá realizarse según la norma ASTM D3612.

3.6.7.4 Certificación de las pruebas en fábrica

Cuando sea solicitado en los términos de referencia, las pruebas en fábrica deberán ser certificadas por un ingeniero especialista. El certificador deberá pertenecer a un laboratorio de pruebas de prestigio a nivel mundial como KEMA *Consulting* de Holanda, CESI de Italia o LAPEM de México o empresa certificadora de pruebas con experiencia la cual deberá documentarse plenamente en la oferta. El costo de dicha supervisión correrá por cuenta del contratista.

Este certificador deberá hablar idioma español, el trabajo del certificador será revisar todos los procedimientos de pruebas, revisión de equipos de pruebas y avalará la ejecución de las mismas, a efecto estas se hagan de acuerdo a las normas acordadas en la oferta y cumpliendo con los valores ofertados de diseño. El fabricante deberá estar en la disposición de modificar cualquiera de los procedimientos de prueba que requiera el certificador.

La certificación de la validación de las pruebas será emitida por la empresa del certificador contratada por el contratista, debiendo entregarla directamente esta empresa al supervisor en original y dos copias en un plazo máximo de 8 días después de finalizadas todas las pruebas solicitadas en estos términos de referencia.

3.6.7.5 Criterio de aceptación

Cualquier unidad podrá ser rechazada sin perjuicio para el INDE, si durante el proceso de pruebas en fábrica se presentan las siguientes diferencias:

- La temperatura en los arrollamientos o en el aceite exceden los valores garantizados a potencias nominales.
- Se produce una falla en los transformadores durante las pruebas de impulso.
- Los valores de prueba de relación de transformación se encuentran fuera del rango y tolerancias respectivas.

Nota: La pruebas y ensayos en fábrica podrán ser realizados a 50 Hz aplicando los respectivos factores de corrección indicados en la norma IEEE C57.12

3.6.8 Instrucciones de ensamble en campo

Sin importar el tipo de transformador, estos son embarcados para su transporte en varias partidas, ya que su tamaño, masa y dimensiones así lo imponen, por lo tanto se requiere cumplir con el procedimiento siguiente.

Todas las partes metálicas del transformador que se embarquen por separado se deben identificar con un número de golpe de tal manera que coincida con el mismo número de su parte adyacente con la cual se ensambla. Los puntos donde se muestran las marcas deben quedar alineados.

El marcado de las partes para ensamble en sitio debe ser efectuado por el proveedor una vez que el transformador esté totalmente ensamblado en la fábrica.

En caso de que para una misma subestación o central se embarque más de un transformador, cada uno de ellos debe tener una identificación diferente para las partes de ensamble.

3.6.8.1 Instrucciones de montaje y operación

El proveedor debe entregar un ejemplar del instructivo de montaje, operación y mantenimiento en forma compacta, el cual debe contener información de todos los equipos y accesorios con que cuenta el transformador.

El ejemplar comprende un instructivo específico para instalación, operación y mantenimiento en el cual se incluya su descripción, modo de operación, diagramas esquemáticos y de conexiones, curvas de operación, valores de operación y precauciones de montaje.

3.6.9 Embalaje y transporte

Es responsabilidad del contratista entregar y descargar los transformadores en los cimientos respectivos de las subestaciones indicadas como lugar de entrega del o los transformadores a adquirir, así como, todos los costos de transporte, almacenaje, grúas y otros.

3.6.9.1 Monitoreo de cubas y parte activa

El transporte de cada una de las cubas que contienen la parte activa de los transformadores de potencia deberá estar monitoreado por medio de un registrador de impactos, de tecnología digital; el cual deberá registrar si se producen impactos, golpes o aceleraciones abruptas en los transformadores durante el traslado desde la fábrica hasta las subestaciones de entrega. Los registradores de impacto deberán tener la capacidad de presentar informes cronológicos. La interrogación de los registradores de impacto deberá realizarse en presencia del ingeniero supervisor del contrato del INDE. El registrador de impacto será parte del suministro y quedará en propiedad de ETCEE-INDE así como cables y licencias de Software de comunicación e interrogación cuando sea indicado en los términos de referencia de las bases de licitación.

Si la información del registrador de impactos presenta alguna anormalidad, golpe o aceleración fuera de los rangos de diseño del transformador se requerirá que el contratista amplíe la garantía de dicha unidad a cinco (5) años posteriores a la recepción del transformador. Dicha ampliación de garantía será requerida también si no es posible extraer la información del registrador de impactos por cualquier falla del equipo de registro ya que la entrega de dicha información es de carácter obligatorio para el contratista.

3.6.9.2 Embalaje

Los tableros de control deben embarcarse en cajas de madera resistente a impactos y alojados en bolsas de plástico transparentes en cuyo interior se colocarán bolsas con material higroscópico y selladas para evitar la entrada de humedad.

Los accesorios de control, protección y medición, deben empacarse cada uno en bolsa de plástico transparente, acompañado de otra bolsa alojando en su interior material higroscópico.

Toda la tornillería debe embarcarse en un solo bulto o caja, y cada tipo de tornillo debe estar empacada en bolsas de material resistente para evitar que se rompa durante el transporte. Cada bolsa de tornillos debe contener una lista en la cual se indique el número de tornillos, sus dimensiones, material y el uso específico de los mismos, así como sus tuercas, rondanas y seguros si son requeridos.

Antes de que el equipo sea embarcado, deben protegerse todas las superficies expuestas, con dos capas de pintura excepto se trate de superficies maquinadas, las que deben protegerse con un barniz o compuesto apropiado fácilmente removible o bien con una capa de grasa en las partes que no admitan lo anterior.

El proveedor debe elaborar una lista de embarque en la cual se indiquen las piezas mayores que no requieren empaque, número de cajas y bultos; detallando el contenido de cada caja y bulto, esta información debe anexarse a la documentación del embarque.

En el interior de cada caja o bulto se incluye la lista del equipo contenido y la cantidad de piezas embarcadas en cada una de las cajas.

Los transformadores deben embarcarse sin aceite con un porcentaje de humedad residual inferior al 0.3%. Se debe llenar con nitrógeno seco o aire seco y sellándolos en la fábrica para prevenir la entrada de humedad, debe incluirse un equipo de nitrógeno o aire seco, incluyendo tanque, válvulas y además accesorios para mantener a una presión constante el nitrógeno o aire en el interior del tanque. Una vez llenos con el nitrógeno seco o aire seco, se debe comprobar que los transformadores no tienen fugas de tal modo que lleguen al sitio con presión positiva a 15 °C. Mientras estén en tránsito los transformadores no deben tener en ningún momento, presión negativa.

Todos los accesorios como son: *bushings* de pequeña longitud, indicadores, instrumentos caja de conexiones que se embarquen montados o ensamblados al tanque del transformador deben ser protegidos contra golpes en cajas de madera o huacales.

En el caso de que se requieran refuerzos o elementos de sujeción internos o externos durante el embarque y transporte, se debe indicar claramente en color contraste en estas piezas, así como en los instructivos y dibujos la leyenda “RETIRESE DURANTE EL MONTAJE”.

Los *bushings* de porcelana largas, enfriadores, tanque conservador, motobombas y otros accesorios deben embarcarse por separado cumpliendo con lo siguiente:

Los *bushings* deben embarcarse en cajas de madera resistentes a impactos con varios soportes a lo largo de los *bushings* y de acuerdo a las recomendaciones del fabricante de los *bushings*.

Los enfriadores, motobombas, tuberías, etc., deben sellarse con bridas ciegas o con cualquier medio que impida la entrada de humedad. Las bridas ciegas o los dispositivos de sello empleados no deben soldarse a los enfriadores; deben protegerse con madera y otro material para evitar daños entre si por impactos. Asimismo deben ser limpiados y lavados con aceite aislante antes de sellarse.

3.6.10 Supervisión de armado y puesta en servicio

El ensamblaje y pruebas previo a la puesta en servicio de los transformadores de potencia deberán ser parte del suministro.

El supervisor deberá ser un especialista que labore en forma permanente en la fábrica, no se aceptará personal nacional, o representantes de ventas para llevar a cabo esta actividad. Todos los costos de traslado, hospedaje y alimentación del supervisor correrán por cuenta del contratista.

Se deberá considerar un tiempo mínimo de 15 días hábiles de trabajo continuo por transformador para llevar a cabo este trabajo.

El ensamblaje será realizado por personal de ETCEE-INDE o el que designe para el efecto.

3.6.11 Información y documentación técnica requerida en la oferta y entrega

El proveedor deberá documentar la oferta con catálogos de equipos que está ofertando los cuales serán empleados en la evaluación correspondiente.

Los catálogos y otra documentación técnica podrán ser en idioma español o inglés exclusivamente.

Adicionalmente, el proveedor deberá entregar por cada equipo la siguiente documentación al momento de la entrega definitiva del suministro en la bodega de INDE:

- a. Documentación técnica que contenga toda la información característica del suministro.
- b. Resultados de calibraciones y pruebas de fábrica.
- c. Guía de uso y mantenimiento.
- d. Manuales de montaje, operación y mantenimiento.
- e. Manuales de configuración y ajustes del software de protección.

3.6.12 Aprobación de planos

El proveedor deberá presentar al supervisor del contrato para aprobación dos (2) juegos de planos y lista de accesorios incluidos en el suministro, previo al inicio de fabricación de los equipos.

Los planos proporcionados por el proveedor para aprobación deberán presentarse en originales y una copia. El proveedor deberá presentar los planos que se indican a continuación:

- Planos esquemáticos.
- Planos de dimensiones físicas.
- Placa de características.
- Planos dimensionales de anclaje (cuando aplique).
- Planos eléctricos de operación (cuando aplique).

Quedará en resguardo de ETCEE-INDE el juego de planos originales y se devolverá la copia con la aprobación respectiva y/u observaciones para su construcción. El supervisor del contrato o personal técnico designado por la GERENCIA realizará la evaluación y aprobación correspondiente de los planos; para lo cual contará con quince (15) días hábiles para el efecto.

El proveedor deberá incluir el tiempo de aprobación de los planos dentro del tiempo contemplado para la entrega del suministro y para la vigencia de la carta de crédito.

Si los planos presentan incongruencias, es necesario realizar correcciones o no se presenta la información completa; el supervisor del contrato o el personal técnico designado por la GERENCIA para la revisión de los mismos; solicitará que se amplíe o corrija la información correspondiente; sin responsabilidad en el atraso que el proveedor pueda incurrir en la entrega del suministro por tales observaciones.

3.7 Normas técnicas para bancos de capacitores

3.7.1 Alcance

Esta norma técnica establece los requerimientos técnicos para el diseño, fabricación, pruebas tipo, pruebas en fábrica, y pruebas en sitio de bancos de capacitores conformados por unidades capacitivas monofásicas.

3.7.2 Normas

- a. Los bancos de capacitores deben satisfacer los requerimientos de las normas IEEE 18-2002, así como las normas ANSI/IEEE C37.04, C37.06, C37.12, C37.90, C37.99, (Véase Apéndice 2) excepto donde, dentro de la presente norma, se haga referencia en forma explícita a otra norma.
- b. En todos los casos regirá para cada norma (incluyendo sus anexos, addendas o revisiones) la versión vigente a la fecha de la convocatoria para la licitación.
- c. En los aspectos no especificados en las normas antes referidas, el contratista podrá proponer otra norma alternativa, cuyo empleo estará sujeto a la aprobación previa por parte de la ETCCE-INDE.

3.7.3 Características de los capacitores

- a. Los capacitores deben tener una capacidad para operación a 230 V, adecuados para configuraciones de sistemas trifásicos, de 4 hilos y 60 Hz.
- b. Diseñar el tamaño capacidad de los capacitores en kVAR de manera que el factor de potencia del sistema llegue al 90% del objetivo estipulado.
- c. Encerramiento: encerramiento interno, a prueba de polvo provisto de cárter para goteo.
- d. Aislamiento tipo seco.
- e. Fusibles de protección: con indicadores de fusibles fundidos.
- f. Dispositivo de descarga: hasta 50 V en 1 minuto.
- g. Montados en un estante completo con barrajes, conectores, placas de encerramiento y apantallamiento.
- h. Terminal con perno roscado.
- i. Capacidad de cortocircuito para resistir el nivel máximo calculado de falla.

3.7.4 Características constructivas

3.7.4.1 Generales

- a. El diseño y construcción de bancos de capacitores debe ser de tal naturaleza que permita un fácil montaje y un rápido acceso a todas las partes que puedan requerir inspección o mantenimiento.
- b. La disposición constructiva del banco debe ser tal que los elementos internos se mantengan fijos ante eventuales desplazamientos producidos por sismos, sin que los sistemas de fijación introduzcan esfuerzos mecánicos e indebidos en las partes o materiales que sirven como aislantes de las partes activas.
- c. Igualmente en el diseño deben tomarse en cuenta los esfuerzos causados durante la carga, descarga, manejo, transporte y otras posibles condiciones severas similares.
- d. El banco de capacitores será montado sobre soportes de acero galvanizado a una altura mínima de seguridad de 2.6 m; de manera que las partes vivas de las unidades capacitivas se hallen a una distancia de seguridad adecuada con respecto a tierra.
- e. El banco de capacitores podrá estar formado por combinaciones serie-paralelo de unidades capacitivas o únicamente por combinaciones de unidades en paralelo, dependiendo del voltaje nominal y de la capacidad de los capacitores utilizados, de acuerdo al estándar del fabricante y sus recomendaciones al respecto, tratando de arreglar el mínimo número de secciones en serie. Las cantidades de unidades deberán ser tal que ante el retiro de una unidad del grupo no provoque una sobretensión superior al 10% de la tensión nominal en otras unidades del grupo que es el límite máximo previsto para capacitores en derivación.

- f. Las cajas metálicas de los capacitores serán construidas con chapas de acero inoxidable, laminadas en frío, las cajas deberán recibir un tratamiento superficial anti-corrosivo de óptima calidad. Las superficies serán totalmente limpias, eliminándose cualquier tipo de suciedad y otras impurezas a través de decapado químico.
- g. Cada unidad capacitiva deberá disponer de placa de identificación en acero inoxidable, conteniendo número de serie, potencia, tensión, frecuencia, nivel de aislamiento, capacitancia, fecha de fabricación, impregnante, temperatura, marca, tipo, peso y orden de compra.
- h. La conexión entre unidades de condensadores en la misma fila debe ser tal que se pueda reemplazar fácilmente un condensador con falla.
- i. El aislante utilizado (el dieléctrico) deberá ser biodegradable, no contaminante, no tóxico, no polarizado, libre de compuestos clorados, con alta resistencia dieléctrica.
- j. Los capacitores deberán disponer de fusibles individuales internos contra cortocircuitos que aislen a la unidad defectuosa de modo de no afectar la continuidad del servicio del banco por la falla de un elemento.

3.7.4.2 Requerimientos especiales para los bancos de capacitores

- a. Un lote de unidades capacitoras, con las características indicadas en los requisitos particulares de cada banco.
- b. Un lote de fusibles de expulsión incluyendo portafusible, resorte de expulsión y demás accesorios para la instalación en las celdas ofertadas.
- c. Tres (3) bobinas rectoras para limitación de corriente de energización y reenergización con bancos de capacitores en paralelo, con su respectivo aislador de montaje, de acuerdo a los requisitos particulares.
- d. Un lote de tornillos en acero inoxidable para la instalación y montaje de las celdas capacitoras.

- e. Diseño de bastidores de montaje de acuerdo para el arreglo indicado en los requisitos particulares.

3.7.4.3 Requerimientos especiales para unidades capacitivas

- a. Las unidades capacitivas deberán ser construidas bajo la norma IEEE Std. 18-2002 exclusivamente y cumplir a cabalidad lo expresado en la misma, no se aceptarán el uso de la norma IEC.
- b. El voltaje nominal de diseño será de acuerdo a los requerimientos particulares.
- c. Cada unidad deberán contar con fusible de protección externo de expulsión.
- d. El fusible de protección deberá ser de características apropiadas para protección de la unidad capacitiva.
- e. Las unidades capacitivas deberán contar con resistencia de descarga normalizada.
- f. La fábrica deberán contar con certificado ISO 9001-2000.
- g. Deben ser capaces de operara de manera continua, siempre y cuando no se exceda el 135% de kVARS.
- h. Capacidad de operar en forma continua hasta con una corriente del 180% de la corriente nominal rms, incluyendo las corrientes fundamental y armónicas.
- i. Capacidad de operar en forma continua (durante 24 horas) al 110% del voltaje nominal rms incluyendo armónicas y excluyendo los transitorios.
- j. Deberán tener capacidad de operar durante treinta (30) minutos al 125% cada veinticuatro (24) horas.
- k. Deben tener capacidad de operar con las condiciones de sobrecarga y el tiempo indicado en la Tabla XXVII (Véase Anexo 2).
- l. Deben tener capacidad de operar con sobrevoltaje transitorios de acuerdo a lo indicado en la Tabla XXVIII (Véase Anexo 2).

3.7.4.4 Disposiciones técnicas generales de las bobinas rectoras

Las bobinas rectoras serán empleadas en serie con los bancos de capacitores para limitar las corrientes de energización y energización mutua con bancos de capacitores en paralelo. Las características se indican a continuación:

- a. El valor de inductancia deberá ser de 0.2 mH.
- b. El valor de corriente nominal será indicado en los requisitos particulares de cada banco de reactores.
- c. Uso exterior a la intemperie.
- d. Tensión nominal a aplicar 69 kV.
- e. Deberá ser parte del suministro el aislador de soporte, con nivel básico de aislamiento de 350 kV, distancia de fuga de 1,800 milímetros. El aislamiento podrá ser goma de silicón o porcelana. Debe tener suficiente capacidad de carga en cantilever para soportar las aceleraciones sísmicas indicadas en los requisitos generales.
- f. La base para la sujeción al aislador de soporte deberá ser normalizada.
- g. Corriente térmica de corto circuito 12.31 kA para 1 seg.
- h. Corriente dinámica de corto circuito 31 kA.
- i. Frecuencia 60 Hz.
- j. Certificado ISO 9000-2000 de fabricación.

3.7.4.5 Requerimientos especiales para fusibles de unidades capacitivas

- a. La corriente nominal del fusible dependerá de la capacidad de cada unidad propuesta por el fabricante y del número de unidades en paralelo.

- b. Para minimizar la probabilidad de falla del fusible de expulsión o el posible daño del capacitor (o ambos), la energía total almacenada en un grupo conectado en paralelo no deberá exceder 10000 W. para un pico máximo de voltaje (rango de voltaje * 1.1 * $\sqrt{2}$). Para 60 Hz el límite máximo de kVAR por grupo paralelo a voltaje nominal es 3100 kVAR de acuerdo a la norma ANSI C37.99-1980.
- c. Las características de tiempo total de despeje del fusible deberá ser tal que salvaguarde la integridad del tanque de la unidad y del equipo de las unidades adyacentes.
- d. Los fusibles deberán soportar en forma continua las corrientes transitorias máximas producidas durante la energización y desenergización del banco, aún en el caso de que esta se produzca mediante el accionamiento del seccionador de puesta a tierra.
- e. La curva característica de tiempos máximos de operación del fusible debe quedar por debajo de la curva de ruptura de los tanques de las unidades.
- f. Se establece que para una eficiente actuación del fusible cuando se produce una falla, la corriente de falla a través del fusible no sea inferior a 10 veces la corriente nominal del fusible.
- g. El fusible debe ser capaz de llevar continuamente entre el 125% o el 135% del rango de corriente nominal del capacitor.

3.7.5 Control de calidad

Todas las pruebas mencionadas serán realizadas según lo establecido en la normativa IEC – 871.

3.7.5.1 Pruebas prototipo

Las pruebas prototipo, inclusive las pruebas sísmicas, no serán necesarias si el contratista presenta para la revisión y conformidad de la ETCEE-INDE, un juego completo de reportes certificados de dichas pruebas, que se hayan realizado en unidades de cada tipo y valor nominal similares a las del suministro. En caso contrario, el contratista debe realizar las pruebas prototipo, estando el costo de las mismas incluido dentro del precio del suministro de los equipos.

Las pruebas prototipo requeridas son:

- a. Determinación de pérdidas a temperaturas elevadas.
- b. Prueba de estabilidad térmica.
- c. Prueba de voltaje de CA seco y húmedo entre terminales y contenedor (aplicado a unidades de contenedor aislado).
- d. Prueba de voltaje de impulso entre terminales y contenedor (para terminales de contenedor aislado).
- e. Pruebas de descarga.
- f. Pruebas de ionización.
- g. Prueba de perforación de elemento.
- h. Prueba de caída de voltaje.
- i. Prueba de Resistencia dieléctrica

3.7.5.2 Pruebas de rutina

Las pruebas de rutina deben ser ejecutadas en fábrica y serán realizadas en todas las unidades.

Las pruebas de rutina que deben realizarse como mínimo son:

- a. Medición de bajo voltaje.
- b. Prueba de alto voltaje a través de dieléctrico.
- c. Prueba de voltaje de CA entre *bushing* y contenedor (solo en unidades que tienen el contenedor aislado).
- d. Medición de la resistencia de descarga.
- e. Medición de la capacitancia y del factor de pérdidas a voltaje nominal.

3.7.5.3 Pruebas e inspecciones en el sitio

Previa la puesta en operación del banco suministrado dentro del contrato, se realizarán pruebas en el sitio de instalación, las mismas que deberán ser supervisadas por parte del supervisor de montaje del contratista, en caso de que se contrataran estos servicios, en las condiciones establecidas en el contrato.

Las inspecciones a realizarse en los bancos (o en las unidades capacitivas) antes de las pruebas eléctricas de puesta en servicio, son las siguientes: Revisión del ensamblaje, estado de los aisladores, distancias mínimas, puesta a tierra, engranajes, estado del galvanizado y pinturas.

3.7.6 Información y documentación técnica requerida en la oferta y entrega

El proveedor deberá documentar la oferta con catálogos de equipos que está ofertando los cuales serán empleados en la evaluación correspondiente.

Los catálogos y otra documentación técnica podrán ser en idioma español o inglés exclusivamente.

Adicionalmente, el proveedor deberá entregar por cada equipo la siguiente documentación al momento de la entrega definitiva del suministro en la bodega de INDE:

- a. Documentación técnica que contenga toda la información característica del Equipo.
- b. Dibujos o diagramas esquemáticos de los equipos con dimensiones estos deben contener los detalles de cada uno de los elementos.
- c. Resultados de pruebas en fábrica.
- d. Documentación estándar de los equipos, materiales y otros.
- e. Guía del usuario.
- f. Guía de montaje, puesta en marcha y mantenimiento.
- g. Manuales de partes y sus equivalentes.

3.7.7 Aprobación de planos

El proveedor deberá presentar al supervisor del contrato para aprobación dos (2) juegos de planos y lista de accesorios incluidos en el suministro, previo al inicio de fabricación de los equipos.

Los planos proporcionados por el proveedor para aprobación deberán presentarse en originales y una copia. El proveedor deberá presentar los planos que se indican a continuación:

- Planos esquemáticos.
- Planos de dimensiones físicas.
- Planos de cada uno de los accesorios.
- Listado de partes.
- Placa de características.

- Planos dimensionales de anclaje (si aplica).
- Planos eléctricos de operación (si aplica).
- Planos de estructuras metálicas de montaje para formar los bancos de capacitores.

Quedará en resguardo de ETCEE-INDE el juego de planos originales y se devolverá la copia con la aprobación respectiva y/u observaciones para su construcción. El supervisor del contrato o personal técnico designado por la GERENCIA realizará la evaluación y aprobación correspondiente de los planos; para lo cual contará con quince (15) días hábiles para el efecto.

El proveedor deberá incluir el tiempo de aprobación de los planos dentro del tiempo contemplado para la entrega del suministro y para la vigencia de la carta de crédito.

Si los planos presentan incongruencias, es necesario realizar correcciones o no se presenta la información completa; el supervisor del contrato o el personal técnico designado por la GERENCIA para la revisión de los mismos; solicitará que se amplíe o corrija la información correspondiente; sin responsabilidad en el atraso que el proveedor pueda incurrir en la entrega del suministro por tales observaciones.

3.8 Normas técnicas para reactores

3.8.1 Alcance

Esta norma establece los requisitos para el diseño, fabricación, pruebas en fábrica, pruebas en sitio y penalización por incumplimiento de garantías técnicas, para reactores de alta tensión.

3.8.2 Normas

Los pararrayos deben satisfacer los requerimientos de las normas IEC 60076, 60137, 60289, ANSI/IEEE IEEE 519-1992, (Véase Apéndice 2) excepto donde, dentro de las presentes normas, se haga referencia en forma explícita a otra norma.

En todos los casos regirá para cada norma (incluyendo sus anexos, addendas o revisiones) la versión vigente a la fecha de la convocatoria para la licitación.

En los aspectos no especificados en las normas antes referidas, el proveedor podrá proponer otra norma alternativa, cuyo empleo estará sujeto a la aprobación previa por parte de la ETCCE-INDE.

3.8.3 Características y condiciones generales

- a. La corriente nominal de corta duración debe especificarse de tal forma que no sea menor que el valor mas alto de corriente bajo condiciones reconocidas de falla o condiciones de energización.
- b. El tiempo de la corriente nominal de corta duración debe ser 10 s.
- c. El valor de la impedancia nominal debe especificarse junto con la corriente nominal de corta duración de acuerdo con los parámetros del sistema y casos reconocidos de fallas del sistema.
- d. Esta cantidad tiene el carácter de un valor mínimo necesario.
- e. La capacidad en Mvar de cada uno de los reactores en las diferentes tensiones, a la tensión y frecuencia nominal se indican en la Tabla XXIX (Véase Anexo 2), y se indica en las especificaciones técnicas particulares.
- f. Los reactores pueden ser monofásicos o trifásicos.

- g. Designación de terminales y secuencia de fases, deben estar de acuerdo con la norma NMX-J-284-ANCE. La rotación de fases debe ser: A, B, C correspondientes a las terminales de línea, correspondientes a H1, H2 y H3.
- h. Los requerimientos de aislamiento deben corresponder al aislamiento del neutro del sistema donde se instale el reactor, puede ser apropiado la selección de un nivel de aislamiento reducido (aislamiento no uniforme). De acuerdo a lo señalado en la Tabla XXX (Véase Anexo 2).
- i. Los rectores deben ser de servicio intemperie sumergido en aceite para ser conectados en derivación con o sin reactores en neutro.
- j. La frecuencia nominal es de 60 Hz.
- k. La elevación promedio de temperatura de los devanados a tensiones y frecuencias nominales y a la capacidad solicitada, no debe exceder de 55 °C, cuando se indique en las especificaciones técnicas particulares, se debe proporcionar aislamiento para 65 °C.
- l. Los valores de temperatura calculados del devanado después de una corriente nominal de corta duración, no deben exceder los valores prescritos para devanados de reactores bajo condiciones de corto circuito, de acuerdo a la subcláusula 2.1.4 de la norma IEC 60076-5.
- m. El nivel de ruido audible promedio del reactor no debe exceder los valores especificados en la Tabla XXXI (Véase Anexo 2), la medición debe realizarse conforme en lo indicado en la norma IEC 60076-10.
- n. La tensión de alimentación del equipo auxiliar se indica en las especificaciones técnicas particulares y preferentemente debe corresponder a una de las indicadas a continuación:
 - 480 V CA, 60 Hz
 - 220 V CA, 60 Hz.
 - 127 V CA, 60 Hz.
 - 125 V CD,
 - 250 V CD.

3.8.3.1 Placa de datos

La placa de datos debe ser de acero inoxidable, que cumpla con lo indicado en la norma NMX-J-284-ANCE y la especificación CFE K0000-06 y debe contener como mínimo la siguiente información:

3.8.3.1.1 Placa de datos para reactores en derivación

- Tipo de reactor.
- Uso exterior.
- Número y año de la especificación.
- Nombre del proveedor.
- Número de serie del fabricante.
- Año de fabricación.
- Número de fases.
- Potencia nominal.
- Frecuencia nominal.
- Tensión nominal.
- Corriente nominal
- Tensión máxima de operación.
- Nivel de aislamiento.
- Elevación de temperatura.
- Conexión del devanado.
- Reactancia a tensión nominal (valor medido).
- Tipo de enfriamiento.
- Masa total.
- Masa de aceite aislante.
- Masa sin tanque.

- Masa de transportación.
- Tipo de aislamiento líquido.
- Reactancia de secuencia cero (si se requiere).
- Reactancia mutua.
- Detalles acerca del cambiador de derivaciones, si aplica.

3.8.3.1.2 Placa de datos para reactores de neutro

La placa de datos mostrará la siguiente información:

- Tipo de reactor.
- Uso exterior.
- Número y año de la especificación.
- Nombre del proveedor.
- Número de serie del fabricante.
- Año de fabricación.
- Numero de fases.
- Frecuencia nominal.
- tensión máxima del equipo.
- Tiempo y corriente nominal de corta duración.
- Nivel de aislamiento.
- Impedancia (valor medido).
- Tipo de enfriamiento.
- Masa total.
- Masa de aceite aislante.
- Masa sin tanque.
- Elevación de temperatura.

- Requerimientos del aislamiento para la tensión de tierra del devanado con aislamiento no uniforme.
- Masa de transportación.
- Tipo de aislamiento líquido.
- Detalles acerca del cambiador de derivaciones, si aplica.

3.8.3.2 Características de operación

3.8.3.2.1 Núcleo

- a. Los núcleos deben montarse y sujetarse de tal manera que resistan, sin deformaciones ni daños permanentes, las fuerzas producidas por los esfuerzos de cortocircuito, maniobras, transporte y operación.
- b. Los fabricantes de reactores de potencia deben demostrar que tienen al menos un margen de 2.5 veces el esfuerzo máximo producido por una aceleración de 2.5 g en sentido longitudinal, 2 g en sentido lateral y 1.5 g en sentido vertical.
- c. El núcleo debe estar provisto de ojos y orejas para su izaje, excepto cuando se trata de reactor con núcleo tipo acorzado.
- d. El núcleo tipo columna y su estructura, deben conectarse a tierra solo en un punto mediante una conexión externa, fácilmente accesible, fabricada en tal forma que sea de fácil apertura para verificar el aislamiento del núcleo.
- e. Todos los soportes y elementos estructurales de fijación del núcleo deben estar aislados dieléctricamente del núcleo, con los mismos requerimientos de prueba descritos en esta norma.
- f. El proveedor debe incluir en el manual del reactor un plano que indique los puntos entre núcleo, estructura de fijación y tanque que estén aislados y no aterrizados.

3.8.3.2 Devanados

- a. Las uniones de los conductores en los devanados, entre los devanados y las guías de conexión deben ser soldadas eléctricamente, con autógena, empleando soldadura de plata, o con soldadura de alta frecuencia.
- b. Se debe utilizar conexiones a compresión atornilladas o tipo clema en los *bushings*, para evitar que las conexiones se aflojen, por vibración.
- c. Las guías de los devanados a los *bushings* deben ser de una sola pieza y conectarse directamente mediante conectores terminales con la sección de contacto diseñada para soportar la corriente nominal.
- d. Las guías de conexión entre el devanado y los *bushings*, deben sujetarse en tal forma que resistan los esfuerzos por efecto de vibración. Debe preverse que su ubicación no obstruya el flujo de aceite de enfriamiento.
- e. Las bobinas, devanados y guías deben estar convenientemente sujetos y soportados de manera que resistan los esfuerzos mecánicos a que se sometan durante su operación, pruebas y transporte.
- f. El proveedor debe de incluir dentro de los informes de pruebas, las curvas del proceso de secado o la evidencia del método empleado. Así como el valor de la humedad residual en los devanados.
- g. Los materiales utilizados en la construcción deben ser compatibles con el aceite aislante y con la temperatura máxima presente bajo condiciones máximas de operación.

3.8.3.3 Tanques y cubiertas

- a. Los tanques y cubiertas de los reactores deben ser construidos de placa de acero adecuada para ser soldada y de una construcción tal, que resista sin daño alguno, los esfuerzos inherentes a embarque, transporte, operación y pruebas. La preparación de las juntas a soldarse, debe de tomar en cuenta que no deben

presentarse fugas a través de poros o defectos de la soldadura; también los esfuerzos producidos en el transporte y manejo durante la instalación, aplicación de vacío y la carga de presión hidrostática producida por la columna de aceite en las paredes del tanque o cualquier otro método que garantice la calidad de soldadura.

- b. El tanque y la cubierta deben estar libres de rebabas y sustancias corrosivas y extrañas antes del ensamble.
- c. Deben proporcionarse los medios adecuados para remover y colocar el tanque sin que se dañen los devanados y el núcleo para el caso de los reactores tipo acorazado.
- d. Deben suministrarse dispositivos de soporte para prevenir el movimiento del ensamble del núcleo y bobinas durante el transporte.
- e. En base a la capacidad de enfriamiento (OA) de los reactores se requiere de los registros de la Tabla XXXII (Véase Anexo 2), independientes a las bridas de fijación de los *bushings*.
- f. Los tanques de cada reactor deben proporcionarse con un bastidor inferior de acero estructural, de acuerdo a la norma NMX-J-284-ANCE. Este bastidor debe contar con lo necesario para la colocación de gatos hidráulicos.
 - Se debe proporcionar un tanque conservador provisto de bolsa de material elastomérico que debe probarse por separado con el mismo valor indicado en la prueba correspondiente al tanque principal simultáneamente.
 - Se deben proporcionar los medios necesarios tales como placa o barra, para conectar el reactor a tierra en dos puntos, incluyendo la tornillería y rondanas necesarias, las cuales pueden ser de acero inoxidable o bronce. Los conectores deben seleccionarse para recibir cable con calibre de 67.43 mm² a 107.2 mm².
 - Se deben proporcionar guías dentro del tanque para facilitar el movimiento del núcleo y de los devanados cuando estos se introduzcan o se saquen del tanque.

- Los tanques deben tener las orejas necesarias, de tal manera que el reactor pueda desplazarse en cualquier dirección, así como para el izaje y manejo cuando el reactor este ensamblado y con aceite.
- La cubierta del tanque debe diseñarse de manera que evite la acumulación de agua sobre la misma. Las medidas para cumplir con lo anterior deben claramente indicarse en los planos.
- Todas las aberturas que sean necesarias practicar en el tanque, deben dotarse de bridas soldadas alrededor de las mismas, excepto en coples y niples, con objeto de disponer de superficies que permitan colocar empaques y la ejecución de taladros. Estos barrenos en ningún caso deben alcanzar la cubierta ni las partes del tanque.
- Se debe eliminar toda perforación o barreno sobre la pared o cubierta del tanque, el proveedor debe fijar o soportar los accesorios sin hacer perforaciones.
- En la base del tanque del reactor debe colocarse un tapón de vaciado el cual es de 19 mm de diámetro, tipo cónico y estar cubierto con una placa soldada como protección, la cual debe quitarse fácilmente y poner con soldadura eléctrica. Si el proveedor ofrece otra alternativa que asegure el vaciado total del aceite, se puede analizar y aceptar por la ETCEE-INDE.
- Se requiere de una escalera marina, provista de puerta de acceso con previsión de porta candado.
- En caso de utilizar blindajes magnéticos para evitar sobrecalentamientos en las paredes del tanque, estos deben indicarse claramente en los planos.
- Durante la prueba de elevación de temperatura, en reactores con corrientes mayores a 3000 A, en el lado de baja tensión, debe tomarse una termografía infrarroja para verificar la no ocurrencia de puntos calientes en las paredes del tanque.
- El diseño del tanque debe asegurar el drenado completo del aceite y residuos que se depositen en el fondo del mismo, sin necesidad de inclinar el tanque.

- El proveedor debe prever, en el diseño y construcción, la necesidad de levantar con grúas el reactor en derivación sin aceite, *bushings*, radiadores y tanque de expansión, sin que exista obstrucción de algún accesorio.
- Para el caso de reactores de neutro y terciario se debe prever la necesidad de izaje con aceite y todos sus accesorios.

3.8.3.3 Empaques

Todos los empaques para *bushings*, registros de hombre, registros de mano, radiadores, válvulas y demás accesorios deben ser de material elastomérico de una sola pieza (se debe utilizar NITRILO o un equivalente en características físicas y mecánicas).

3.8.3.4 Accesorios y equipo auxiliar

Dispositivo de alivio de presión, válvulas de drenaje, muestreo, filtro y vacío, sistema de conservación del aceite, relevador “*Buchholz*” (relevador de acumulación de gases), aceite aislante, los cuales deben cumplir con las características indicadas en la norma NMX-J-123-ANCE.

3.8.3.5 Bushings

Las características técnicas de los *bushings* de los reactores a que se hace referencia esta norma, incluyendo los *bushings* de uso especial, deben cumplir con lo indicado en la especificación CFE K0000-06. Y como se indica en las especificaciones técnicas particulares.

3.8.3.6 Gabinetes centralizadores

Se debe incluir el diseño, fabricación, pruebas y adicionalmente, se deben incluir los siguientes requerimientos:

- Tablillas de conexión.
- Conectores enchufables multipolares tipo industrial.
- Resistencia calefactora y termostato.
- Alumbrado interior e interruptor.
- Alambrado.
- Barra para conexión a tierra.
- Base estructural.
- Diagramas esquemáticos y diagramas de alambrado.

Para el caso de los reactores de neutro (en caso requerirse) el cableado para señales de control, alarmas y corriente se tenderá desde el sitio de su instalación en campo hasta el tablero de interfase en la caseta de control sin pasar por el gabinete centralizador que aquí se describe.

3.8.3.7 Tablillas de conexión

Para el manejo de las señales de corriente, control y alarmas se deberán incluir el número de tablillas de conexión necesarias más un 20% de reserva con base en el diseño del fabricante.

Las tablillas deben estar terminadas en una sola pieza de material aislante (aisladas para 600 V CA), cubriendo completamente por la parte posterior las terminales de contacto y el tornillo de sujeción de la misma. Estas deben estar integradas en dos grupos: el primero, dedicado a tablillas para señales de corriente, y el segundo, para tablillas para señales de control y alarmas. Adicionalmente, debe existir una clara separación entre las tablillas de cada unidad de fase.

3.8.3.8 Cableado

El cableado debe efectuarse considerando lo indicado en la norma NMX-J-438-ANCE y lo siguiente:

- a. No deben conectarse más de dos conductores por punto de conexión.
- b. La trayectoria del alambrado debe ser ordenada y no obstaculizar el acceso a las tablillas y conectores.
- c. Los cables deben llegar al gabinete por su parte inferior.
- d. El cableado completo del gabinete debe ser probado por el fabricante.
- e. Los conductores deben cumplir con la norma NMX-J-438-ANCE.
- f. Los conductores que se conectan a tablillas terminales deben contar con una identificación grabada en forma permanente e indeleble, de acuerdo a los diagramas de alambrado.
- g. Los colores de los conductores a emplear deben ser rojos para circuitos de control, blancos para circuitos de corriente, y verde para conexión a tierra.
- h. Conductores externos a los gabinetes centralizadores.
- i. Conector del gabinete al sistema de puesta a tierra. El conector para el cable de tierra debe ser de cuatro piezas del tipo plano a cable: un tornillo con tuerca de sujeción de 9.53 mm, la placa de conexión a la superficie plana y las dos mordazas para sujetar el cable.

3.8.3.9 Placa de diagrama de conexiones

Una placa metálica de acero inoxidable colocada en la parte posterior de la puerta, que contenga el diagrama de conexiones, para identificación de terminales y equipos.

Barra de cobre para conexión a tierra, incluyendo al menos conectores en sus extremos para recibir cable con una sección transversal de 67.43 mm² a 107.2 mm², a todo lo largo del tablero.

Cualquiera de ellos y sus características deben indicarse en las especificaciones técnicas particulares.

3.8.4 Condiciones de operación

- a. Se requiere sean diseñados para operar satisfactoriamente hasta una altitud de 2500 msnm con los límites de elevación de temperatura indicados.
- b. En la Tabla XXXIII (Véase Anexo 2). Se define el nivel de contaminación y la distancia de fuga mínima requerida por el aislamiento externo para estos niveles.
- c. Los reactores deben operar en forma continua hasta 110% arriba de la tensión nominal.

3.8.5 Marcado

En el tanque principal del reactor debe pintarse con letra legible y en color contrastante lo siguiente:

- Número de serie.
- Capacidad del reactor en kvar.
- Número de pedido.

- Nombre de la instalación (central o subestación).
- Ejes del centro de gravedad.
- Presión de nitrógeno en fabrica temperatura y altitud.
- Humedad residual al embarque.
- Fecha de embarque.

3.8.6 Empaque y embarque

Es responsabilidad del proveedor entregar y descargar los seccionadores en las subestaciones indicadas como lugar de entrega del o los seccionadores a adquirir.

Todos los costos de transporte, almacenaje, grúas y otros correrán por cuenta del proveedor.

- a. Los reactores deben embarcarse sin aceite con un porcentaje de humedad residual inferior al 0.3%. Se debe llenar con nitrógeno seco o aire seco y sellándolos en la fábrica para prevenir la entrada de humedad, debe incluirse un equipo de nitrógeno o aire seco, incluyendo tanque, válvulas y además accesorios para mantener a una presión constante el nitrógeno o aire en el interior del tanque. Se debe comprobar que los reactores no tienen fugas de tal modo de que lleguen al sitio con presión positiva a 15 °C. Mientras estén en tránsito los reactores no deben tener en ningún momento presión negativa.
- b. Todos los accesorios como son: *bushings* de pequeña longitud, indicadores, instrumentos caja de conexiones que se embarquen montados o ensamblados al tanque del transformador deben ser protegidos contra golpes.
- c. Los *bushings* de porcelana largas, enfriadores, tanque conservador, motobombas y otros accesorios deben embarcarse por separado cumpliendo con lo siguiente:

- Los *bushings* deben embarcarse en cajas de madera resistentes a impactos con varios soportes a lo largo de los *bushings* y de acuerdo a las recomendaciones del fabricante de los *bushings*.
- Los enfriadores, motobombas, tuberías, entre otros, deben sellarse con bridas ciegas o con cualquier medio que impida la entrada de humedad. Las bridas ciegas o los dispositivos de sello empleados no deben soldarse a los enfriadores; deben protegerse con madera y otro material para evitar daños entre si por impactos. Asimismo deben ser limpiados y lavados con aceite aislante antes de sellarse.
- Los tableros, accesorios de control, protección, medición, tornillos y accesorios del sistema de enfriamiento deben clasificarse por tipo, etiqueta y empacarse en bolsas de plástico transparente con su respectivo material higroscópico.

3.8.7 Control de calidad

Los reactores deben cumplir con las pruebas prototipo, rutina, y aceptación indicadas en este capítulo.

3.8.7.1 Reactores en derivación

3.8.7.1.1 Pruebas de rutina

Estas pruebas deberán realizarse a todas las unidades que serán suministradas a ETCEE – INDE, de acuerdo a IEC 60289. Deberán realizarse todas las pruebas de rutina indicadas en la norma de fabricación de los transformadores, entre las cuales deben incluirse las que se indican a continuación:

- a. Características físicas y dimensionales, de acuerdo a la norma NMX-J-284-ANCE y a los planos aprobados.
- b. Pruebas del aceite de acuerdo a la norma NMX-J-123-ANCE para recepción y NMX-J-308 para la puesta en servicio.
- c. Resistencia de aislamiento de los devanados a (1 y 10) minutos, se debe calcular el índice de polarización, de acuerdo a la norma NMX-J-169-ANCE.
- d. Medición del factor de disipación ($\tan\delta$), de acuerdo a la norma NMX-J-169-ANCE.
- e. Antes y después de la realización de las pruebas dieléctricas debe medirse la capacitancia y factor de potencia de cada una de los *bushings* que cuenten con tap capacitivo, de acuerdo a la norma IEC 60137.
- f. Análisis cromatográfico de gases disueltos en el aceite, antes y después de las pruebas dieléctricas y de temperatura.
- g. Tensión de aguante al impulso por rayo normalizado. Se deben probar todas las terminales de línea y neutro.
- h. Tensión de aguante a 60 Hz, 60 s.
- i. Sobretensión inducida. Con medición de descargas parciales. El valor medido debe ser menor de 300pC, registrados cada cinco minutos durante una hora que dura la aplicación de la tensión de prueba de 1.5 veces la tensión nominal de fase a tierra de acuerdo a la norma NMX-J-169-ANCE.
- j. Medición de resistencia óhmica de los devanados.
- k. Medición de pérdidas en vacío al 100% de V_n .
- l. Medición de pérdidas del sistema de enfriamiento al 100% de V_n (cuando aplique).
- m. Medición de reactancia al 100% de V_n .
- n. Medición de la relación de tensión, así como su impedancia, en reactores que cuenten con un devanado adicional de carga.
- o. Medición de la reactancia de secuencia cero en reactores trifásicos.
- p. Medición de la reactancia mutua en reactores trifásicos.

- q. Medición del ruido audible.
- r. Medición de armónicos de la corriente.
- s. Medición de las características magnéticas.
- t. Medición de la vibración.
- u. Medición de las pérdidas del equipo de enfriamiento, en reactores con enfriamiento forzado.
- v. Verificación del alambrado de control, medición y protección.
 - Operación del equipo.
 - Resistencia de aislamiento a 1000 V CD.
 - Sobretensión aplicada a 60 Hz, 1500 V CA.
- w. Hermeticidad a 103 kPa, durante 24 horas, sin presentar ninguna deformación permanente ni fugas a través de soldaduras y del sistema de empaques, de acuerdo a la norma NMX-J-169-ANCE.
- x. Humedad residual el valor obtenido haciendo vacío absoluto, debe ser como máximo: 0.3% de acuerdo a la norma NMX-J-169-ANCE.

3.1.2 Pruebas de prototipo

- a. Elevación de temperatura de los devanados.
 - b. Tensión de impulso por maniobra normalizado.
- Esta prueba se debe aplicar solo en reactores de 400 kV.

3.8.7.2 Reactores de neutro

3.8.7.2.1 Pruebas de rutina

- a. Características físicas y dimensionales, de acuerdo a esta norma, a la norma NMX-J-284-ANCE y a los planos aprobados.
- b. Pruebas del aceite de acuerdo a la norma NMX-J-123-ANCE.

- c. Resistencia de aislamiento de los devanados a (1 y 10) minutos, se debe calcular el índice de polarización, de acuerdo a la norma NMX-J-169-ANCE.
- d. Medición del factor de disipación ($\tan\delta$), de acuerdo a la norma NMX-J-169-ANCE.
- e. Análisis cromatográfico de gases disueltos en el aceite, antes y después de las pruebas dieléctricas y de temperatura, de acuerdo.
- f. Tensión de aguante al impulso por rayo normalizado. Se deben probar todas las terminales de línea y neutro.
- g. Sobretensión inducida, de acuerdo a sección 5.8.7.2.1, subinciso i., de esta norma.
- h. Medición de resistencia óhmica de los devanados.
- i. Medición de las pérdidas totales al 100% de V_n .
- j. Medición de la reactancia al 100% de V_n .
- k. Medición de la impedancia a corriente continua.
- l. Medición al ruido audible.
- m. Medición de las pérdidas del equipo de enfriamiento, en reactores con enfriamiento forzado.
- n. Alambrado de control, medición y protección.
 - Operación del equipo.
 - Resistencia de aislamiento a 1000 V CD.
 - Sobretensión aplicada a frecuencia industrial y a 1500 V CA.
- o. Hermeticidad a 103 kPa, durante 24 horas, sin presentar ninguna deformación permanente ni fugas a través de soldaduras y del sistema de empaques, de acuerdo a la NMX-J-169-ANCE.
- p. Humedad residual el valor obtenido haciendo vacío absoluto, debe ser como máximo: 0.3%

3.8.7.2 Pruebas de prototipo

Estas se deben efectuar a un reactor de cada lote de idénticas características, de acuerdo a las normas del capítulo 5.8.2 de esta norma.

- a. Elevación de temperatura de los devanados.
- b. Corriente de corta duración.

3.8.7.3 Pruebas a los *bushings*, relevador *Buchholz* y válvula de sobrepresión

Deben cumplir con las pruebas indicadas en la especificación CFE K0000-06.

3.8.7.4 Certificación de las pruebas en fábrica

Cuando sea solicitado en los términos de referencia, las pruebas en fábrica deberán ser certificadas por un ingeniero especialista. El certificador deberá pertenecer a un laboratorio de pruebas de prestigio a nivel mundial como KEMA *Consulting* de Holanda, CESI de Italia o LAPEM de México o empresa certificadora de pruebas con experiencia la cual deberá documentarse plenamente en la oferta. El costo de dicha supervisión correrá por cuenta del proveedor.

Este certificador deberá hablar idioma español, el trabajo del certificador será revisar todos los procedimientos de pruebas, revisión de equipos de pruebas y avalará la ejecución de las mismas, a efecto estas se hagan de acuerdo a las normas acordadas en la oferta y cumpliendo con los valores ofertados de diseño. El fabricante deberá estar en la disposición de modificar cualquiera de los procedimientos de prueba que requiera el certificador.

La certificación de la validación de las pruebas será emitida por la empresa del certificador contratada por el proveedor, debiendo entregarla directamente esta empresa al supervisor en original y dos copias en un plazo máximo de 8 días después de finalizadas todas las pruebas solicitadas en estos términos de referencia.

3.8.7.5 Criterio de aceptación o rechazo de las pruebas

Cualquier unidad podrá ser rechazada sin perjuicio para el INDE, si durante el proceso de pruebas en fábrica se presentan diferencias.

3.8.8 Instrucciones de montaje y operación

- a. El proveedor debe entregar un ejemplar del instructivo de montaje, operación y mantenimiento en forma compacta, el cual debe contener información de todos los equipos y accesorios con que cuentan los seccionadores.
- b. El ejemplar comprende un instructivo específico para instalación, operación y mantenimiento en el cual se incluya su descripción, modo de operación, diagramas esquemáticos y de conexiones, curvas de operación, valores de operación y precauciones de montaje.

3.8.9 Información y documentación técnica requerida en la oferta y entrega

El proveedor deberá documentar la oferta con catálogos de equipos que está ofertando los cuales serán empleados en la evaluación correspondiente.

Los catálogos y otra documentación técnica podrán ser en idioma español o inglés exclusivamente.

Adicionalmente, el proveedor deberá entregar por cada equipo la siguiente documentación al momento de la entrega definitiva del suministro en la bodega de INDE:

- h. Documentación técnica que contenga toda la información característica del suministro.
- i. Resultados de calibraciones y pruebas de fábrica.
- j. Guía de uso y mantenimiento.
- k. Manuales de montaje, operación y mantenimiento.
- l. Manuales de configuración y ajustes del Software de protección.

3.8.10 Aprobación de planos

El proveedor deberá presentar al supervisor del contrato para aprobación dos (2) juegos de planos y lista de accesorios incluidos en el suministro, previo al inicio de fabricación de los equipos.

Los planos proporcionados por el proveedor para aprobación deberán presentarse en originales y una copia. El proveedor deberá presentar los planos que se indican a continuación:

- Planos esquemáticos.
- Planos de dimensiones físicas.
- Placa de características.
- Planos dimensionales de anclaje (cuando aplique).
- Planos eléctricos de operación (cuando aplique).

Quedará en resguardo de ETCEE-INDE el juego de planos originales y se devolverá la copia con la aprobación respectiva y/u observaciones para su construcción.

El supervisor del contrato o personal técnico designado por la GERENCIA realizará la evaluación y aprobación correspondiente de los planos; para lo cual contará con quince (15) días hábiles para el efecto.

El proveedor deberá incluir el tiempo de aprobación de los planos dentro del tiempo contemplado para la entrega del suministro y para la vigencia de la carta de crédito.

Si los planos presentan incongruencias, es necesario realizar correcciones o no se presenta la información completa; el supervisor del contrato o el personal técnico designado por la GERENCIA para la revisión de los mismos; solicitará que se amplíe o corrija la información correspondiente; sin responsabilidad en el atraso que el proveedor pueda incurrir en la entrega del suministro por tales observaciones.

3.9 Normas técnicas para protecciones

3.9.1 Alcance

Esta norma establece información sobre los requerimientos y características técnicas mínimas a cumplir por los esquemas de protección y los elementos principales que forman parte de ellos en la red de transporte de ETCEE-INDE.

Los esquemas considerados a los que aplica esta norma son: salida de líneas de transmisión de 400 kV, 230 kV, 138 kV y 69 kV, bancos de transformación y bancos de capacitores de 69 kV.

3.9.2 Normas

- a. Las protecciones deben satisfacer los requerimientos de las normas IEC 255-21-3, 255-5, 255-0-20, 1000, IEC 68 PT 2-1-1900, IEC 68 PT 2-2-1974, IEC 68 PT 2-30-1980, IEC 249 PT 2-1985, IEC 255 PT 4-1976, IEC 255 PT 5 – 1977, IEC 255 PT II – 1979, IEC 8001 PT 2-1991, IEC 834 PT 1-1998, ANSI/IEEE C 37.1 – 1994, ANSI/IEEE C37.9 – 1989, ANSI/IEEE C37.90.1-1989, ANSI/IEEE C37.90.2 – 1987, IEEE C37.90.1-1989, ANSI C12.20-1998, (Véase Apéndice 2) excepto donde, dentro de la presente norma, se haga referencia en forma explícita a otra norma.
- b. En todos los casos regirá para cada norma (incluyendo sus anexos, addendas o revisiones) la versión vigente a la fecha de la convocatoria para la licitación.
- c. En los aspectos no especificados en las normas antes referidas, el contratista podrá proponer otra norma alternativa, cuyo empleo estará sujeto a la aprobación previa por parte de la ETCCE-INDE.

3.9.3 Información y documentación requerida

3.9.3.1 Con la oferta

- a. Documentación técnica original de fabricante para cada uno de los tipos de quipos que se oferte.
- b. Referencias de las marcas y modelos ofertados en Guatemala, en Centro América, en América Latina y en otros lugares para cada equipo en su oferta.
- c. Dibujos o diagramas esquemáticos de los equipos con dimensiones. Estos deben contener los detalles de conexionado interno y externo de los paneles de cada equipo para aplicaciones generales y para las aplicaciones establecidas por INDE.
- d. Cronograma de pruebas.

3.9.3.2 A la recepción final de los bienes y servicios

- a. Verificación funcional de todos y cada uno de los equipos entregados.
- b. Documentación estándar de los equipos, materiales y otros.
- c. Guía de instalación.
- d. Guía del usuario.
- e. Guía de mantenimiento y manuales de puesta en marcha.
- f. Instrucciones y teoría de operación.
- g. Protocolos de prueba en fábrica.
- h. Protocolos de prueba en el sitio cuando la contratación cubra montaje y puesta en servicio.
- i. Toda la documentación debe ser entregada en idioma español o inglés. No se aceptará documentación en otros idiomas.

3.9.4 Especificaciones generales para los esquemas de protección

3.9.4.1 Esquema de protección y medición de líneas de transmisión de 400 kV

Este esquema estará compuesto por dos protecciones principales, más protección de respaldo así como protecciones complementarias, las cuales se detallan a continuación:

- a. Protección principal uno: relevador de distancia y comparación direccional por onda superpuesta con apertura mono y tripolar.
- b. Protección principal dos: relevador de distancia con apertura monopolar.
- c. Protección de respaldo por relevador independiente de sobre corriente direccional de fase y de neutro.

- d. Protección contra falla de Interruptor proporcionada por un relevador independiente tipo 50FI.
- e. Esquema de protección diferencial de barras de dos zonas.
- f. Relevador de recierre programado. Esta función podrá estar integrada en uno o más de los relevadores primarios lo que haría innecesario el relevador independiente de recierre.
- g. El esquema deberá contar con un conmutador de varias posiciones, de accionamiento manual para cubrir las siguientes situaciones:
 - Habilitar el recierre monopolar y deshabilitar el recierre tripolar.
 - Habilitar el recierre tripolar y deshabilitar el recierre monopolar.
 - Habilitar ambos recierres.
 - Deshabilitar ambos recierres
- h. El esquema deberá contar con registrador de disturbios, éste podrá ser una unidad independiente o una función integrada dentro de las protecciones primarias o de respaldo.
- i. De preferencia las protecciones principal uno y dos deberán de contar con tecnología *Mirror Bit*.
- j. El esquema deberá contar con un medidor multifuncional y dos medidores para medición comercial uno principal y otro de respaldo. los cuales deben cumplir con la especificación ETCEE-MED-001.
- k. Deberá contar con relevador de desbalance de voltaje, por cada juego de potenciales de barra y en todas las salidas de línea de 400 kV; esta función se acepta como función incluida en los relevadores principales o de otro relevador. Estos relevadores deben provocar apertura local y alarmar en forma local y en el centro de control de transporte (CCDT).
- l. Todas las salidas de línea de 400 kV deberán contar con relevadores de sobre y baja tensión de secuencia positiva, estos podrán estar incluidos dentro de las funciones del la protección principal. Los contactos de estos relevadores deberán ser utilizados como permisivos de los esquemas de recierre.

- m. La verificación de sincronismo debe efectuarse en forma simultánea comparando diferencia de amplitud de voltaje, apertura angular y deslizamiento.
- n. La apertura de los interruptores deberá efectuarse en forma monopolar para fallas monopolares.
- o. El esquema de protecciones deberá contar con protección de discordancia de polos para efectuar apertura tripolar en caso de existir problemas con el cierre.
- p. Deberá contar con elementos programables para diferentes esquemas de teleprotección. Deberá permitirse por comandos independientes de la protección uno y dos como mínimo las siguientes opciones, seleccionables en campo por programación:
 - Transferencia de apertura directa (DTT: *Direct Transfer Trip*).
 - Transferencia de bloqueo de apertura (BTT: *Blocking Transfer Trip*).
 - Transferencia de permiso de apertura por sobre alcance (POTT: *Permissive Over Reach Transfer Trip*).
 - Transferencia de permiso de apertura por bajo alcance (PUTT: *Permissive Under Reach Transfer Trip*).
 - Desbloqueo de apertura por comparación direccional (DCUB: *Direccional Comparison Unblocking*).
 - Bloqueo de apertura por comparación direccional (DCB: *Direccional Comparison Blocking*).

3.9.4.2 Esquema de protección y medición de líneas de transmisión de 230 kV y 138 kV

- a. Protección principal uno por relevador de distancia con apertura monopolar y características cuadrilaterales.
- b. Protección principal dos por relevador de distancia con apertura monopolar y características cuadrilaterales.

- c. Protección de respaldo por sobre corriente direccional la cual podrá estar integrada a otra protección.
- d. Protección contra falla de interruptor la cual deberá estar proporcionado por un relevador independiente 50FI.
- e. Función de recierre monopolar la cual podrá estar integrada a cualquier otra protección.
- f. El esquema deberá contar con registrador de disturbios, éste podrá ser una unidad independiente o una función integrada dentro de las protecciones primarias o de respaldo.
- g. Medidor multifuncional de acuerdo a lo especificado en ETCEE-MED-001.
- h. Deberá contar con relevador de desbalance de voltaje, por cada juego de potenciales de barra, se acepta como función adicional del relevador principal o de otro relevador. Estos relevadores deben provocar apertura local y alarmar en forma local y en el centro de control de transporte de ETCEE (CCDT).
- i. El esquema deberá contar con un conmutador de varias posiciones, de accionamiento manual para cubrir las siguientes situaciones:
 - Habilitar el recierre monopolar y deshabilitar el recierre tripolar.
 - Habilitar el recierre tripolar y deshabilitar el recierre monopolar.
 - Habilitar ambos recierres.
 - Deshabilitar ambos recierres.
- j. La verificación de sincronismo debe efectuarse en forma simultánea comparando diferencia de amplitud de voltaje, apertura angular y deslizamiento. Puede estar integrada a una protección de alguno de los relevadores del esquema.
- k. La apertura de los interruptores deberá efectuarse en forma monopolar para fallas monopolares.
- l. El esquema de protecciones deberá contar con protección de discordancia de polos para efectuar el disparo tripolar en caso de existir problemas con el cierre.

- m. Deberá contar con elementos programables para diferentes esquemas de teleprotección. Deberá permitirse por comandos independientes de la protección uno y dos como mínimo las siguientes opciones, seleccionables en campo por programación:
- Transferencia de apertura directa (DTT: *Direct Transfer Trip*).
 - Transferencia de bloqueo de apertura (BTT: *Blocking Transfer Trip*).
 - Transferencia de permiso de apertura por sobre alcance (POTT: *Permissive Over Reach Transfer Trip*).
 - Transferencia de permiso de apertura por bajo alcance (PUTT: *Permissive Under Reach Transfer Trip*).
 - Desbloqueo de apertura por comparación direccional (DCUB: *Direccional Comparison Unblocking*).
 - Bloqueo de apertura por comparación direccional (DCB: *Direccional Comparison Blocking*).
- n. Cierre sobre falla.

3.9.4.3 Esquema de protección y medición de líneas de transmisión de 69 kV

- a. Protección principal uno por relevador de distancia con apertura tripolar y características cuadrilaterales.
- b. Protección principal dos por relevador de sobre corriente direccional.
- c. Función de recierre tripolar, la cual podrá estar integrada a cualquier protección.
- d. El esquema de protección deberá contar con un conmutador de dos posiciones para habilitar o bloquear el recierre.
- e. Medidor multifuncional de acuerdo a lo especificado en ETCEE-MED 001.
- f. La verificación de sincronismo debe efectuarse en forma simultánea comparando diferencia de amplitud de voltaje, apertura angular y deslizamiento.

3.9.4.4 Esquema de protección de bancos de transformadores de potencia

- a. El esquema de protección deberá operar por protección principal diferencial de transformador.
- b. Para cada devanado del transformador se deberá contar con protección de sobre corriente independiente.
- c. El esquema deberá contar con registrador de disturbios, el cual podrá ser una unidad independiente o una función integrada dentro de las protecciones primarias o de respaldo.
- d. Deberá contar con un medidor multifuncional en el devanado secundario, el medidor debe cumplir con la especificación ETCEE-MED 001.
- e. Protección contra falla de interruptor, en interruptores de 230 kV, el cual deberá estar proporcionado por un relevador independiente 50FI.
- f. Deberá contar con protección de sobre corriente de neutro por cada punto de estrella solidamente aterrizado, éste podrá estar integrado a las protecciones de respaldo pero con configuración de relación de transformación independiente en cada caso.
- g. Cada banco de transformación deberá contar con elementos de protección por sobre tensión de fase en cada devanado el cual podrá estar integrado a las protecciones de respaldo.
- h. Cada banco de transformación deberá contar con elementos de protección contra sobre excitación el cual podrá ser parte de otra protección.
- i. Cuando aplique se deberá contar con protección de voltaje de secuencia cero para la protección del devanado terciario del transformador, el cual podrá estar integrado a la protección de respaldo.

- j. Se deberá contar con un elemento de detección de envejecimiento del transformador mediante la detección de temperatura del transformador y la corriente de carga. El equipo deberá tener capacidad de programar el envejecimiento actual. Podrá ser elemento de otra protección.

3.9.4.5 Esquema de protección y medición para interruptores de acoplamiento de barras

- a. Protección principal por relevador de sobre corriente.
- b. Medidor multifuncional de acuerdo a lo especificado en ETCEE-MED 001.
- c. La verificación de sincronismo debe efectuarse en forma simultánea comparando diferencia de amplitud de voltaje, apertura angular y deslizamiento.

3.9.4.6 Esquemas de protección de bancos de capacitores de 69 kV

- a. Protección principal por relevador de sobre corriente.
- b. Deberá contar con protección por sobre corriente de neutro, la cual podrá estar integrada a la protección principal pero con relación de transformación independiente.
- c. Deberá contar con un medidor multifuncional el cual deben cumplir con la especificación ETCEE-MED 001.
- d. Deberá contar con relevador de sobrevoltaje y sobre tensión de secuencia cero, la cual podrá estar integrada a la protección principal.

3.9.4.7 Características generales para control, señalización y alarma

- a. El sistema de control de la subestación debe estar totalmente coordinado con enclavamientos lógicos, eléctricos y mecánicos entre seccionadores, interruptores de potencia y bloqueos por operación de relés de protección.

- b. Cuando exista, cada subsistema distribuido en las casetas de mando, debe contar con un esquema mímico, para la realización de maniobras en forma local, a base de microprocesador de acuerdo a lo establecido en la especificación técnica relativa a al sistema de supervisión, control y adquisición de datos (SCADA).
- c. Las señalizaciones y alarmas deberán integrarse en las unidades de datos digitales por cada campo y serán enviadas por medio de la red LAN o la que se considere apropiada a la computadora central de la subestación, para su procesamiento en el Software de interfase al operador.
- d. Se deben habilitar todas las alarmas que se indique para cada campo.
- e. Cada subsistema distribuido debe contar con los dispositivos necesarios para una sincronización manual y automática. Se debe verificar y de ser el caso autorizar o impedir, las condiciones de frecuencia y tensión para la operación de cierre de las líneas de transmisión y bancos de transformación.
- f. El sistema en general deberá tener los dispositivos necesarios para que el operador de la subestación y/o el operador del centro de control de transporte puedan realizar la sincronización automática de cualquiera de las salidas de línea, utilizando la computadora central del sistema, por medio de actuaciones sobre el Software como parte de la implementación del mando y control.
- g. Toda la relevación necesaria para los sistemas de señalización, mando y control, deberá ser con elementos de la más alta calidad, el fabricante de la relevación deberá estar certificado ISO 9001, y en la oferta técnica debe indicarse el nombre del fabricante, con catálogos originales.

3.9.4.8 Características generales de los cableados de control, protección y medida

- a. Si así se considerara conveniente podrá descartarse el uso de cofres de zona, pero deberá tomarse en cuenta que se requiere que los circuitos de potencial de los transformadores de tensión estén protegidos con interruptores termomagnéticos con alarma de operación, no se aceptará protecciones por elementos fusibles.

- b. Todos los cableados de los subsistemas distribuidos de campo a los elementos de subestación deberán ser del tipo multiconductor, con calibre adecuado sin empalmes.
- c. No se ha de mezclar en un mismo cable señales de transformadores de tensión, de transformadores de corriente, de energía AC o DC, de alarmas, de señales de posición u operación o de mandos.
- d. Los cableados multiconductores deberán ser colocados en canaletas.
- e. Cuando aplique, deberá tomarse en cuenta que la instalación de fibra óptica en la canaleta deberá realizarse en forma apropiada para que no esté expuesta a daños.
- f. Los cableados multiconductores deberán ser conductores de cobre suave en cableado concéntrico.
- g. Los cableados multiconductores deberán estar protegidos para instalación bajo ambientes húmedos, contra rayos ultravioletas, golpes, intemperie.
- h. Deberán estar fabricados con protección termoplástica de policloruro de vinilo, para la no propagación de incendios, baja emisión de humos, rellenos para dar sección circular, blindaje de cinta aluminizada.
- i. Cuando aplique, se deberá permitir la comunicación adecuada para el traslado de las señales correspondientes a comandos independientes para protección uno y dos de:
 - Transferencia de apertura directa (DTT: *Direct Transfer Trip*).
 - Transferencia de bloqueo de apertura (BTT: *Blocking Transfer Trip*).

 - Transferencia de permiso de apertura por sobre alcance (POTT: *Permissive Over Reach Transfer Trip*).
 - Transferencia de permiso de apertura por bajo alcance (PUTT: *Permissive Under Reach Transfer Trip*).
 - Desbloqueo de apertura por comparación direccional (DCUB: *Direccional Comparison Unblocking*).

- Bloqueo de apertura por comparación direccional (DCB: *Direccional Comparison Blocking*).
- j. Los conductores deberán estar:
- Protegidos contra inducciones electrostáticas y electro-magnéticas.
 - Diseñados para soportar temperaturas de 75 grados centígrados.
 - Diseñados para tensión máxima de operación de 600 voltios
- k. El fabricante de los conductores deberá estar certificado ISO 9001.
- l. El oferente ganador o contratista deberá hacer todas las conexiones finales a los elementos de subestación, por lo que esta actividad es parte del suministro cuando aplique.

3.9.5 Especificaciones generales de los equipos de protección

3.9.5.1 Características generales

Las siguientes son características técnicas generales que deben cumplir los relevadores, las cuales serán aplicables siempre y cuando no se indique lo contrario en las especificaciones técnicas particulares.

- a. Deben ser de tecnología a base de microprocesadores.
- b. Para voltaje de alimentación 125 VCD.
- c. Frecuencia de operación de 60 Hz.
- d. Voltaje nominal de 125 VCD para y entradas y salidas de señales digitales.
- e. Voltaje nominal de entradas de transformadores de potencial: desde $100 / \sqrt{3}$ Voltios hasta 100 Voltios.
- f. Corriente nominal de entradas de transformadores de corriente: 5 amperios.
- g. Sincronización horaria por medio de señal IRIG-B.
- h. Debe contar con puertos de comunicación RS – 232 para interrogación y programación independiente de los que utilice para comunicación con el sistema SCADA.

- i. Deben contar con entradas digitales opto aisladas programables.
- j. Deben contar con salidas de control programables.
- k. Debe suministrarse copia de la certificación ISO 9001-2000 de fabricación.
- l. Temperatura de operación en el rango de -20 °C a 75 °C.

3.9.5.2 Relevador de distancia de apertura tripolar

- a. Pantalla de cristal líquido y diodos luminosos para señalización.
- b. Teclado para navegar en la pantalla.
- c. Ecuaciones de lógica de control de comandos.
- d. Capaz de almacenar como mínimo 100 registros cronológicos de sucesos.
- e. Funciones de lógica programable para configuraciones de usuario en protección y control, con capacidad de manejar elementos del relevador.
- f. Capacidad para programar diferentes lógicas de protección, supervisión y control.
- g. Capacidad para activar puntos remotos de control por salidas digitales, estas salidas pueden ser utilizadas para controlar diferentes elementos de la subestación, por ejemplo los interruptores vía el sistema SCADA.
- h. Un mínimo de doce (12) contactos de salida programables, estos contactos deben estar fabricados bajo la norma IEC 255-0-20.
- i. Un mínimo de doce (12) entradas optoaisladas programables con un voltaje nominal de operación de 125 VCD para control.
- j. Comunicación mediante un mínimo de dos puertos independientes EIA- RS 232.
- k. Con capacidad para manejar protocolo DNP 3.0 ó IEC 870-5-101.
- l. Deberán contar con un mínimo de 4 zonas de protección de distancia.
- m. La característica de las zonas de protección para fallas de fase a tierra deberá ser rectangular, la protección para fallas entre fases podrá ser tipo mho o rectangular.
- n. Debe contar con función de localización de falla.
- o. Deberá tener lógica de recierres programable.

- p. Protección de sobre corriente direccional de fase, residual, secuencia cero y secuencia negativa.
- q. Los elementos de sobre corriente deben incluir, curvas de tiempo definido y elementos instantáneos.
- r. Tanto los elementos de distancia, voltaje y de sobre corriente deben ser capaces de implementarse dentro de lógicas de control y protección, pudiendo ser utilizados por ejemplo para esquemas de recierre, sincronización y protección de banco de capacitores.
- s. Función de protección de baja y sobre frecuencia.
- t. Elementos de sincronización que permitan supervisar la magnitud del voltaje, la fase y el deslizamiento, así como efectuar de forma automática el cierre.
- u. Debe contar con función de bloqueo por oscilación de potencia.
- v. Debe contar con función de cierre sobre falla.
- w. Debe contar con función de bloqueo programable por pérdida de potencial.
- x. Deberá contar con elementos programables para diferentes esquemas de teleprotección. Deberá permitirse por comandos independientes de la protección uno y dos como mínimo las siguientes opciones, seleccionables en campo por programación:
- Transferencia de apertura directa (DTT: *Direct Transfer Trip*).
 - Transferencia de bloqueo de apertura (BTT: *Blocking Transfer Trip*).
 - Transferencia de permiso de apertura por sobre alcance (POTT: *Permissive Over Reach Transfer Trip*).

 - Transferencia de permiso de apertura por bajo alcance (PUTT: *Permissive Under Reach Transfer Trip*).
 - Desbloqueo de apertura por comparación direccional (DCUB: *Direccional Comparison Unblocking*).
 - Bloqueo de apertura por comparación direccional (DCB: *Direccional Comparison Blocking*).

3.9.5.3 Relevador de distancia de apertura monopolar / tripolar 1

- a. Orden de apertura: programable entre tripolar y monopolar.
- b. Registro oscilográfico mínimo de 16 muestras por ciclo y almacenamiento de oscilografía con los elementos digitales internos de la protección.
- c. Registro histórico de eventos, capaz de almacenar como mínimo 40 registros.
- d. Localizador de fallas.
- e. Medición de potencia activa, reactiva, total, corriente y voltaje.
- f. Mínimo cuatro zona de operación, con características mho para la detección de fallas entre fases, y características cuadrilaterales y mho para la detección de fallas a tierra.
- g. La dirección de las cuatro zonas de operación debe ser configurable.
- h. Las zonas deben operar con temporizadores independientes por zona y por tipo de características (cuadrilaterales y mho).
- i. Ajustable independiente para las zonas 1 y 2 del factor de compensación por fallas a tierra (K_0 o K_n).
- j. Elementos de sobrecorriente de tiempo inverso para neutro, fases y de secuencia negativa.
- k. Curvas ANSI o IEC, seleccionables por el usuario.
- l. Elementos de sobrecorriente instantáneos de neutro y secuencia negativa.
- m. Elementos de sobrevoltaje de fases y neutro.
- n. Deberá contar con elementos programables para diferentes esquemas de teleprotección. Deberá permitirse por comandos independientes de la protección uno y dos como mínimo las siguientes opciones, seleccionables en campo por programación:
 - Transferencia de apertura directa (DTT: *Direct Transfer Trip*).
 - Transferencia de bloqueo de apertura (BTT: *Blocking Transfer Trip*).

- Transferencia de permiso de apertura por sobre alcance (POTT: *Permissive Over Reach Transfer Trip*).
 - Transferencia de permiso de apertura por bajo alcance (PUTT: *Permissive Under Reach Transfer Trip*).
 - Desbloqueo de apertura por comparación direccional (DCUB: *Direccional Comparison Unblocking*).
 - Bloqueo de apertura por comparación direccional (DCB: *Direccional Comparison Blocking*).
- o. Extensión de zona 1 y extremo remoto recién abierto para acelerar el disparo cuando no se tiene equipo de comunicaciones.
 - p. Esquema de cierre sobrefalla con capacidad para ajustar los elementos que detectan la condición y los valores mínimos de corriente para declarar la condición de falla.
 - q. Capaz de operar en líneas compensadas.
 - r. Bloqueo y alarma por pérdida de potencial para prevenir disparos en falso, además de convertir en no direccionales los elementos de sobrecorriente.
 - s. Detección y disparo por discordancia de polos.
 - t. Monitoreo y alarma de las bobinas de disparo.
 - u. Detección y lógica de un polo abierto.
 - v. La operación entre disparo tripolar y monopolar debe ser seleccionable por medio de una entrada digital.
 - w. Ecuaciones lógicas programables para los elementos de disparo, disparo transferido, cierre sobre falla y registro oscilográfico.
 - x. Seis grupos programables de ajustes, siendo posible activarlos mediante combinaciones de entradas.
 - y. Capaz de intercambiar por medio de puertos RS-232 señales internas del relevador con otro relevador de iguales características.

- z. Equipamiento.
- Panel frontal de alarmas y pantalla LCD capaz de desplegar información del relevador como ajustes, mediciones, elementos internos, estado, etc.
 - Mínimo de siete entradas optoaisladas y doce salidas mínimo.
 - Una salida independiente para alarmar remotamente el estado del relevador.
 - Mínimo de tres puertos RS -232 DB-9 para la comunicación remota.
 - Sincronización horaria por medio de señal IRIG-B.

3.9.5.4 Relevador de distancia de apertura monopolar / tripolar 2

3.9.5.4.1 Características básicas

- a. Tipo de apertura: programable entre tripolar y monopolar.
- b. Capacidad de capturar osciloperturbografía con canales analógicos, digitales y elementos lógicos de acuerdo a programación, y con una frecuencia de muestreo programable.
- c. Cinco zonas de protección de distancia tipo Mho para detección de fallas de fases, una zonas con ajustes de cambio de direccionalidad.
- d. Cinco zonas de protección de distancia tipo cuadrilateral para detección de fallas de tierra, una zona con ajuste de cambio de direccionalidad.
- e. Elementos de alta velocidad que permiten disparos en menos de un ciclo.
- f. Protección de sobre corriente de fase, residual y secuencia negativa con ajuste de direccionalidad.
- g. Elementos de alto y bajo voltaje para protección y control.
- h. Elementos de sobrevoltaje de secuencia positiva, negativa y cero.
- i. Control de reenganche tripolar y/o monopolar con capacidad de verificar sincronismo.
- j. Pantalla de cristal líquido y *leds* para señalización.
- k. Monitor de la fuente de alimentación.

- l. Localizador de falla.
- m. Funciones de lógica programable para configuraciones de usuario en protección y control, con capacidad de manejar elementos del relé.
- n. Capacidad para detectar y utilizar dentro de la lógica programable pendientes de frecuencia, potencia y niveles de frecuencia.
- o. Lógica de fallo de interruptor integrada.
- p. Lógica de falla de control de interruptor.
- q. Sincronización Horaria por medio de señal IRIG-B.
- r. Manual de operación y puesta en servicio de preferencia en español.
- s. Comunicación: Por medio de un mínimo de tres puertos EIA 232.

Deberá contar con elementos programables para diferentes esquemas de teleprotección. Deberá permitirse por comandos independientes de la protección uno y dos como mínimo las siguientes opciones, seleccionables en campo por programación:

- Transferencia de apertura directa (DTT: *Direct Transfer Trip*).
- Transferencia de bloqueo de apertura (BTT: *Blocking Transfer Trip*).
- Transferencia de permiso de apertura por sobre alcance (POTT: *Permissive Over Reach Transfer Trip*).
- Transferencia de permiso de apertura por bajo alcance (PUTT: *Permissive Under Reach Transfer Trip*).
- Desbloqueo de apertura por comparación direccional (DCUB: *Direccional Comparison Unblocking*).
- Bloqueo de apertura por comparación direccional (DCB: *Direccional Comparison Blocking*).

3.9.5.4.2 Bloque de terminales

- a. Mínimo de 16 contactos de salida programables de los cuales un mínimo de 3 contactos deben ser de alta capacidad interruptiva. Los contactos deben estar fabricados bajo la norma IEC 255-0-20.
- b. Mínimo de 12 entradas optoaisladas programables con un voltaje nominal de operación de 125 VCD control.
- c. Medición de corriente y voltaje de un mínimo de dos fuentes independientes para aplicación en esquema de interruptor y medio.
- d. Elementos lógicos programables locales y remotos, además debe ser capaz de tener controles integrados de operación de apertura y cierre del interruptor por medio de controles en el frente del relevador.
- e. Capacidad de desplegar mensajes programables según el estado de las entradas por medio de la pantalla frontal del relevador.
- f. Capacidad para emular los relevadores de fijación o "*latching relays*".

3.9.5.4.3 Elementos de medición

- a. Medición de valores instantáneos de voltaje: Voltaje trifásico (V_{abc}), voltaje bifásico ($V_{\phi\phi}$), así como mediciones de: 3 V_0 , V_1 y 3 V_2 .
- b. Medición de valores instantáneos de corriente: Corriente trifásica (I) corriente combinada (I_{AL} , I_{BL} , I_{CL} , I_{GL} I_{1L} , $3I_{2L}$).
- c. Medición de valores de energía y potencia: MW, MVh, MVAR, MVARh, MVA, trifásicos y monofásicos.
- d. Medición de demanda y demanda pico: monofásico (MW, MVAR, MVA, factor de potencia), trifásico (MW, MVAR, MVA, factor de potencia), así como mediciones de I_{ABC} , $3I_2$, $3I_0$.

3.9.5.4.4 Comunicación

- a. Por medio de un mínimo de dos puertos independientes EIA- RS 232.
- b. Puerto de comunicación con capacidad para manejar protocolo DNP 3.0.
- c. Ranura para tarjeta de *ethernet* para protocolo TCP/IP.

3.9.5.4.5 Hardware y Software

- a. Se debe suministrar el Software y Hardware necesario para las siguientes actividades:
 - Programación de las funciones de protección y control de forma local y remota.
 - Análisis oscilográfico de fallas con representación de los canales analógicos y digitales seleccionados.
 - Análisis fasorial.
 - Análisis de armónicos.
- b. Manual de operación del Software, de preferencia en español.
- c. El Software debe ser entregado en un disco compacto (CD).
- d. El Software completo debe operar bajo ambiente Windows 98 o más reciente.
- e. El Hardware para la programación debe tener una capacidad mínima de almacenamiento de 20 Gbytes, un procesador Pentium IV de 2 GHz y 256 Mbytes de RAM.
- f. Puerto RS-232C instalado de fábrica.

3.9.5.5 Relevador de sobre corriente direccional

- a. Protección de sobre corriente negativa, residual y neutral.
- b. Grupo completo de elementos instantáneos, tiempo definido y elementos de sobre corriente de tiempo inverso.

- c. Mínimo de dos intentos de reenganche con lógica para la coordinación con restaurador (*recloser*).
- d. Ecuaciones de control con variables y temporizadores para implementar esquemas de protección tradicionales y avanzados.
- e. Elementos programables de control local para el control por medio de los pulsadores frontales.
- f. Puntos programables de despliegue de texto, para aumentar la información disponible.
- g. Medición instantánea, pico y acumulada.
- h. Mínimo de 20 registros oscilográficos de 15 ciclos.
- i. Mínimo de 256 registros secuenciales almacenados en memoria no volátil.
- j. Protocolos ASCII, binario y *Modbus* RTU.
- k. Para montaje en *Rack*.
- l. Puerto EIA-232 incluyendo una entrada de IRIG-B remodulada.
- m. Hardware y Software.
- n. Se debe suministrar el Software y Hardware necesario para las siguientes actividades:
 - Software para programación de ajustes.
 - Automatización de interrogación y presentación de alarmas.
 - Manual de operación del Software, de preferencia en español
 - El Software debe ser entregado en un CD.
 - El Software completo debe operar bajo ambiente Windows 98 o más reciente.
 - El Hardware para la programación debe tener una capacidad mínima de almacenamiento de 20 Gbytes, un procesador Pentium IV de 4GHz y 256 Mbytes de RAM.
 - Puerto RS-232C instalado de fábrica.

3.9.5.6 Relevador de sobre corriente no direccional

3.9.5.6.1 Requerimientos básicos

- a. Protección de sobre corriente negativa, residual y neutral.
- b. Grupo completo de elementos instantáneos, tiempo definido y elementos de sobre corriente de tiempo inverso.
- c. Un mínimo de dos intentos de recierre con lógica para la coordinación con restaurador (*recloser*).
- d. Ecuaciones de control con variables y temporizadores para implementar tradicionales y avanzados esquemas de protección.
- e. Elementos programables de control local para el control por medio de los pulsadores frontales.
- f. Puntos programables de despliegue de texto, para aumentar la información disponible.
- g. Medición instantánea, pico y acumulada.
- h. Mínimo de 20 registros oscilográficos de 15 ciclos mínimos.
- i. Mínimo de 256 registros secuenciales almacenados en memoria no volátil.
- j. Protocolos ASCII, binario y *modbus* RTU.
- k. Para montaje en *Rack*.
- l. Puesto EIA-232 incluyendo una entrada de IRIG-B remodulada.
- m. Manual de operaciones y programación de preferencia en español, una copia impresa y un archivo en formato PDF.

3.9.5.6.2 Hardware y Software

Se debe suministrar el Software y Hardware necesario para las siguientes actividades:

- a. Software de programación de ajustes.
- b. Automatización de interrogación y presentación de alarmas.
- c. Manual de operación del Software, de preferencia en español.
- d. El Software debe ser entregado en un disco compacto (CD).
- e. El Software completo debe operar bajo ambiente Windows 98 o más reciente.
- f. El Hardware para la programación debe tener una capacidad mínima de almacenamiento de 20 Gbytes, un procesador Pentium IV de 4GHz y 256 Mbytes de RAM.
- g. Puerto RS-232C instalado de fábrica.

3.9.5.7 Relevador para falla de interruptor

- a. Deberá tener capacidad para supervisar el estado del interruptor del campo y los comandos de disparo de las protecciones principales y respaldo.
- b. Deberá contar con elementos de detección de falla por sobre corriente de fase, neutro y secuencia negativa.
- c. Deberá contar con entradas programables para bloqueo de esquema 50 FI.
- d. Deberá contar con elementos de retardo programables para la operación.
- e. El esquema de operación será a través de un relevador de disparo sostenido 86 FI el cual deberá tener indicación de operación manual y remota. La reposición del mismo podrá ser en forma local o remota desde el CCDT.

3.9.5.8 Relevador diferencial para transformadores de potencia

- a. Pantalla de cristal líquido y diodos luminosos para señalización.
- b. Teclado para navegar en la pantalla.
- c. Ecuaciones de lógica de control de comandos.
- d. Capaz de almacenar como mínimo 100 registros cronológicos de sucesos.

- e. Puntos remotos de control que pueden ser utilizados para controlar los interruptores vía el SCADA.
- f. Funciones de lógica programable para configuraciones de usuario en protección y control, con capacidad de manejar elementos del relé.
- g. Capacidad para programar diferentes lógicas de protección, monitoreo y control.
- h. Doce (12) contactos mínimo de salida programables, estos contactos deben estar fabricados bajo la norma IEC 255-0-20.
- i. Doce (12) entradas mínimas optoaisladas programables con un voltaje nominal de operación de 125 VCD, control.
- j. Comunicación mediante dos puertos mínimos independientes EIA- RS-232.
- k. Con capacidad para manejar protocolo DNP 3.0 o IEC 870-5-101.
- l. Deberán ser protecciones para transformadores de potencia de tres devanados como mínimo.
- m. Deberán contar con elementos de protección diferencial por fase y por devanado restringido, el cual deberá operar mediante pendiente programable.
- n. Deberá contar con restricción de 2do y 5to armónico. El porcentaje de bloqueo por presencia de armónicos deberá ser programable.
- o. Capacidad para compensación de ángulo de desfase para transformadores delta – estrella.
- p. Capacidad de filtrado de secuencia cero para fallas externas.
- q. Los arranques diferenciales con restricción y sin restricción de armónicos deberán ser programables.
- r. Protección de sobre corriente de fase, residual, secuencia cero y secuencia negativa por devanado de transformación.
- s. Los elementos de sobre corriente deberán ser programables a operar mediante curvas de tiempo inverso programables, tiempo definido y elementos instantáneos.
- t. Software de programación: Deberá ser parte del suministro las licencias de Software para comunicación, programación, análisis oscilográfico y explotación del equipo.

3.9.5.9 Requisitos técnicos para el suministro del tablero de protección, medición y control

- a. Certificado de fabricación ISO 9001.
- b. Cumplir la norma ANSI C37.20 de fabricación.
- c. Para montaje de módulos y equipo de preferencia en *rack* de 19".
- d. Con sistema de iluminación, calefacción, ventilación y toma de alimentación para operación en 120 VAC.
- e. Cada gabinete no debe exceder las siguientes dimensiones: 220 cm de alto, 90 cm de ancho, 90 cm de profundidad.
- f. Los bordes del gabinete deberán ser suaves y con acabado en pintura secada al horno color gris claro ANSI 70, resistente a la humedad y corrosión.
- g. La lámina debe ser de acero con un espesor no menor a 2 mm.
- h. Debe estar integrado por secciones modulares independientes, lo cual debe permitir la adición o extracción de secciones, o de lo contrario el proveedor debe indicarlo claramente en su oferta y las razones para ello.
- i. Para la puesta a tierra el tablero debe contar con una barra de cobre de capacidad no menor de 300 A y seguir estrictamente las normas NESC.
- j. Debe contar con accesorios para alzar y manipular mediante grúa en la parte superior, sujetos firmemente a la estructura.
- k. El montaje de los relevadores, block's de pruebas y medidores debe hacerse fijamente en la parte frontal del gabinete en bajorrelieve, la cual debe ser abatible mediante un sistema de bisagras robusto que soporte el peso del equipo y movimiento continuo.
- l. Debe tener acceso al cableado mediante una puerta instalada en la parte trasera del tablero, con llaves.
- m. Se debe proteger al equipo montado al frente mediante una puerta de material transparente, con empaques para evitar el ingreso de polvo y humedad, resistente a impactos y ralladuras, con marco estructural para evitar que se flexione.

- n. Las puertas traseras y delanteras deben contar con empaque adecuado para protección del equipo del polvo y humedad.
- o. Todas las entradas y salidas de cables al tablero deben ser a tablillas terminales o borneras normalizadas, todo perfectamente ordenado e identificado.
- p. Todos los conductores que pasen de una sección a otra, o de un gabinete a otro deben ir conectados a terminales o borneras.
- q. Los cables de control ingresaran por la parte inferior.
- r. El alambrado completo debe ser probado por el fabricante antes de embarque.
- s. Los conductores que se conecten a terminales y borneras deben contar con identificación grabada en forma permanente e indeleble, de acuerdo a los diagramas de cableado.
- t. El calibre de los conductores debe ser el adecuado para cada aplicación, en circuitos de corriente, potencial y circuitos de disparo en ningún caso menor que el calibre 12 AWG.
- u. No deben efectuarse empalmes en los cables.
- v. El código de colores que se debe respetar es el siguiente
 - Circuitos de control Azul
 - Circuitos de potencial Negro
 - Circuitos de corriente Blanco
 - Conexiones a tierra Verde
- w. Las regletas y/o borneras utilizadas en los tableros deben estar identificadas de acuerdo a los diagramas de alambrado.
- x. Las regletas o borneras deben ser de uso semipesado con aislamiento de 600 V y 30 A.
- y. El oferente deberá suministrarlos cableados en un 100% internamente con su respectiva relevación auxiliar para efectuar maniobras, las cuales deben cablearse a regletas terminales normalizadas o borneras, se debe emplear un solo lado de la regleta o bornera.

- z. Se debe indicar claramente en su oferta si utilizara relevación auxiliar para efectuar las maniobras, o en su defecto la filosofía a emplear.
- aa. Se debe dejar un 20% de terminales y borneras en reserva para montajes por parte de ETCEE - INDE.
- ab. Los servicios auxiliares para la alimentación del equipo de protección principal, protección de respaldo, control y medición de cada salida de línea; deben ser cableados en forma independiente.
- ac. La protección de los circuitos de servicios auxiliares debe ser mediante interruptores termomagnético de corriente directa e interruptor termomagnético de corriente alterna.
- ad. Las señales que se requiere para efectuar el cableado a los equipos de potencia deberán conectarse a regletas terminales normalizadas o borneras, se debe emplear un solo lado de la regleta y/o bornear.
- ae. Cualquier conexión común que se requiera, debe ser hecha en el mismo lado, dejando el otro lado para el cableado externo
- af. Todos los cableados deben ser perfectamente ordenados, usando canaletas de plástico, con tapa desmontable a presión, de dimensiones suficientes para que los cables estén holgados.
- ag. Cada relevador de protección de línea y medidor debe tener su respectivo block de pruebas, el cual debe cumplir con normas internacionales y debe efectuar el puenteo (corto circuito) de corrientes de CT's automáticamente antes de abrir CT's, apertura de potenciales de PT's, apertura de circuito de disparo. Debe suministrarse peineta de pruebas en caso de ser necesario.
- ah. De la misma manera se deben indicar en forma clara en los diagramas las borneras o regletas de terminales en las cuales serán conectados los comandos para efectuar maniobras, los cuales saldrán al equipo primario de potencia dentro de la Subestación.
- ai. El diseño lógico para la operación de maniobras del equipo de potencia (seccionadores e interruptor), deberá ser parte del suministro.

- aj. Se debe dejar identificado las borneras o regletas de terminales para cada uso medición, control, mando, alarma, protección etc.
- aj. Deberán contar con interruptores magnéticos y contactores de alta calidad para la operación del tablero.
- al. Deberá contar con una sección de distribución de alimentación que permita el control adecuado de la alimentación por medio de interruptores termomagnéticos de todos los elementos del tablero con una alarma general que indicara local y de forma remota que uno de los interruptores de alimentación ha fallado, no se aceptan fusibles.

3.9.5.10 Relevador diferencial para barras colectoras

3.9.5.10.1 Características técnicas generales

- a. Debe tener capacidad integrada de medición y protección para protección de barras de subestación eléctrica de alta tensión, con diferentes configuraciones y zonas de protecciones.
- b. Medición de corriente mediante fases segregadas.
- c. Capaz de proteger un mínimo de seis campos y con la posibilidad de expandirse hasta un mínimo de 18 campos.
- d. Deberá contar con contactos de disparo de alta capacidad interruptiva de acuerdo a norma IEC 255-0-20.
- e. Debe contar con un mínimo de 90 entradas opto aisladas programables con un voltaje nominal de operación de 125 VDC control.
- f. Las zonas de protección deben ser las necesarias para operar un arreglo de doble barra con interruptor de transferencia y con capacidad para expandirse hasta dos zonas de protección mínimas.
- g. Capacidad de capturar osciloperturbografía con canales analógicos, digitales y elementos lógicos con una frecuencia mínima de 8 muestras por ciclo.

- h. Capaz de utilizar diferentes relaciones de transformación de transformadores de corriente con variaciones de hasta 10:1.
- i. Pantalla de cristal líquido y diodos luminosos para señalización.
- j. Pantalla avanzada que permita ser utilizada para diagnóstico, maniobra y supervisión.
- k. Botones programables.
- l. Señalización programable.
- m. Teclado para navegar en la pantalla.

3.9.5.10.2 Elementos de protección

- a. Debe contar con un mínimo de seis elementos diferenciales independientes.
- b. Libramiento de la falla en menos de un ciclo.
- c. Elementos diferenciales y direccionales para incrementar la seguridad y una rápida detección de fallas.
- d. Elementos de voltaje de secuencia positiva, negativa y cero.
- e. Protección de falla de interruptor para cada terminal.
- f. Seguridad para fallas externas con una alta saturación de transformadores de corriente.
- g. Alta sensibilidad para las fallas en barra.
- h. Fallas externas detectadas por elementos direccionales.
- i. Dos pendientes de operación diferentes para proporcionar mayor seguridad.
- j. Supervisión del disparo diferencial por medio de los elementos de voltaje.
- k. Capacidad para asignar de forma dinámica la entrada de corriente al elemento diferencial correcto por medio de los estados de los interruptores sin necesidad de cableados complejos y relevación auxiliar.
- l. Capacidad para detección de CT abierto o cortocircuitado por cada una de las zonas de protección, con capacidad para emitir una alarma y bloquear la zona de protección.

- m. Estabilidad contra saturación de los transformadores de corriente.
- n. Selección dinámica de zonas.
- o. Operación de alta velocidad para todas las fallas de barra.
- p. Capacidad para efectuar mediciones de todos los campos, medición de voltaje y valores de corriente diferencial, con despliegue de la información por zona de protección.

3.9.5.10.3 Control

- a. Elementos de control y automatización que permitan reducir la complejidad del cableado entre las diferentes áreas de protección de la barra.
- b. Lógica de monitoreo para cuarenta y ocho seccionadores.
- c. Ecuaciones de lógica de control.
- d. Capacidad para almacenar un registro cronológico de sucesos generado de al menos 100 puntos de monitoreo.
- e. Puntos de control local programables, con funciones de sellado.
- f. Capacidad para un mínimo de treinta y dos puntos remotos de control que pueden ser utilizados para controlar diferentes elementos vía el SCADA.
- g. Funciones de lógica programable para configuraciones de usuario en protección y control, con capacidad de manejar elementos del relevador.

3.9.5.10.4 Comunicación

- a. Por medio de un mínimo de tres puertos EIA- RS-232.
- b. Puerto de comunicación con capacidad para manejar protocolo DNP 3.0.
- c. Sincronización horaria por medio de señal IRIG-B.

3.9.5.10.5 Software de programación

Deberá ser parte del suministro las licencias de Software para comunicación, programación, análisis oscilográfico y explotación del equipo.

3.9.5.11 Unidad para gestión remota de protecciones

3.9.5.11.1 Requerimientos básicos

- a. Capacidad para interrogación y supervisión remota de dispositivos electrónicos inteligentes (IED).
- b. Puertos de contacto con SCADA.
- c. Acceso telefónico y marcado para notificación.
- d. Conexión con otros integradores.
- e. Registro de eventos secuenciales.
- f. Comunicación frontal por medio de puerto RS-232 y configurable para utilizar MODEM externo.
- g. Contactos de salida y entradas programables por el usuario.
- h. Operaciones matemáticas y lógicas empleando operadores aritméticos, boléanos y declaraciones “*IF, THEN, ELSE*” para crear esquemas lógicos para control y producir o direccionar información.
- i. 1 MB de memoria RAM mínima para almacenamiento de base de datos y ajustes.
- j. 2 MB de memoria flash mínima para archivar información.
- k. Mínimo de 16 puertos RS-232 con capacidad para sincronizar los IED’s con señal de IRIG B remodulada.
- l. Almacenamiento de registros histórico y oscilografitos de los relevadores.
- m. Función de automatización de captura de eventos e histórico de medida.
- n. Esclavo en *modbus* y DNP 3.0 nivel 2.

- o. Manual de operaciones y programación de preferencia en español, una copia impresa y un archivo en formato PDF.

3.9.5.11.2 Hardware y Software

Se debe suministrar el Software y Hardware necesario para las siguientes actividades:

- a. Programación de ajustes.
- b. Automatización de interrogación y presentación de alarmas.
- c. Manual de operación del Software, de preferencia en español.
- d. El Software debe ser entregado en un CD.
- e. El Software completo debe operar bajo ambiente Windows 98 o más reciente.
- f. El Hardware para la programación debe tener una capacidad mínima de almacenamiento de 20 Gbytes, un procesador Pentium IV de 4GHz y 256 Mbytes de RAM.
- g. Puerto RS-232C instalado de fábrica.

3.9.6 Disposiciones generales de los relevadores y esquemas de protección

- a. Los relevadores deben ser numéricos de tecnología digital.
- b. El voltaje de alimentación de las protecciones así como de las entradas digitales programables debe ser de 125 voltios corriente directa.
- c. Los valores secundarios de los transformadores de corriente deberá ser 5 A.
- d. Frecuencia de operación 60 Hz.
- e. Deberán cumplir las siguientes normas:
 - ISO 9001
 - IEC 255-21-3
 - IEC 255-5

- IEC 255-0-20
- f. Todos los relevadores deberán cumplir con la norma de fabricación ISO 9001 – 2000.
 - g. Todos los relevadores y equipos en general deberán ser inmunes a transitorios producidos por interferencias electromagnéticas producidas por equipos de 400 kV.
 - h. Toda la relevación electromecánica auxiliar necesaria según el diseño de los esquemas de protección deberá ser suministrada por el mismo fabricante de toda la relevación auxiliar necesaria para los subsistemas. Deberá ser de la más alta calidad para servicio de alto rendimiento y deberá estar certificada ISO 9001.
 - i. Los valores de voltaje para los transformadores de voltaje es $100/\sqrt{3}$ Voltios fase a tierra.
 - j. La configuración de neutro del sistema es estrella sólidamente aterrizado en 230 kV y 69 kV. Para 13.8 kV es sistema en delta.
 - k. Los relevadores deben tener capacidad de capturar oscilopertubografía en el cual se deben registrar los canales analógicos (voltajes, corrientes, componentes simétricos, frecuencia.).
 - l. Los relevadores deben registrar las señales digitales provenientes de arranques de los elementos de protección, como el estado del interruptor y señales externas conectadas a las entradas digitales programables.
 - m. El arranque de la osciloperturbografía debe ser programable por el usuario y debe permitir efectuar arranque externo mediante programación y entrada binaria.
 - n. Deberán contar con señalización frontal la cual será mediante *Led's* y mediante pantalla de cristal líquido en la parte frontal de los relevadores.
 - o. Deberán contar con puertos para programación local tipo RS – 232, RS – 485 u puerto óptico, para enlace de telecomunicación con concentrador de datos, programación e Interrogación local.

- p. Todos los campos deben contar con relevadores para supervisión de las bobinas de disparo de cada interruptor, que permitan determinar cuando una bobina se encuentra en mal estado, ya sea por un corto circuito en la misma o por apertura de las espiras. La supervisión puede ser efectuada por medio de la protección principal o respaldo, siempre que exista capacidad, la alarma se debe integrar al cuadro de alarmas y enviar al centro nacional de operaciones.
- q. Para la protección diferencial de barra el tablero estará equipado con relevadores 86 B con capacidad para el bloqueo al cierre y el accionamiento de los disparos en las bobinas 1 y 2 de cada interruptor.
- r. El circuito de cierre de interruptores deben contar con un circuito o lógica que permita abortar el proceso de cierre cuando haya transcurrido un tiempo definido en el rango de 0.5 a 3.0 minutos, en caso de no operar el verificador de sincronismo y/o relevador de sincronización automático de líneas, esta función puede ser incluida dentro de la protección primaria o de respaldo.
- s. Deberán tener entrada para sincronización satelital IRIG – B.
- t. Deberán cumplir con norma ISO 9001.

3.9.6.1 Sincronización del sistema por medio de GPS

Todos los IEDS y en general todo el suministro contemplado en éstos términos de referencia debe estar sincronizado por medio de reloj digital sistema GPS, por lo cual deberán suministrarse los equipos e interfaces necesarios.

3.9.7 Control de calidad

3.9.7.1 Pruebas en fábrica

- a. El proveedor a quien se adjudique el suministro deberá proporcionar en original y copia, dos (2) procedimientos de las pruebas a efectuar y dos (2) listados del equipo disponible en el laboratorio donde se ejecutarán las pruebas a los equipos a suministrar.
- b. Dentro de los procedimientos a seguir, deberá indicar para cada prueba, los valores garantizados en su oferta y tolerancias esperadas en las pruebas a realizar, así como las normas en que se basen las pruebas que se efectuarán a los equipos en fábrica.
- c. La información requerida deberá ser entregada con una antelación mínima de un mes antes de que de inicio las pruebas programadas en fábrica, para que las mismas sean aprobadas por el personal técnico que sea designado para el efecto.
- d. De las pruebas ejecutadas el contratista entregara un original y tres copias de cada protocolo por equipo a suministrar.

3.9.8 Información y documentación técnica requerida en la oferta y entrega

El proveedor deberá documentar la oferta con catálogos de equipos que está ofertando los cuales serán empleados en la evaluación correspondiente.

Los catálogos y otra documentación técnica podrán ser en idioma español o inglés exclusivamente.

Adicionalmente, el proveedor deberá entregar por cada equipo la siguiente documentación al momento de la entrega definitiva del suministro en la bodega de INDE:

- a. Documentación técnica que contenga toda la información característica del suministro.
- b. Resultados de calibraciones y pruebas de fábrica.
- c. Guía de uso y mantenimiento.
- d. Manuales de montaje, operación y mantenimiento.
- e. Manuales de configuración y ajustes del Software de protección.

3.9.9 Aprobación de planos

El proveedor deberá presentar al supervisor del contrato para aprobación dos (2) juegos de planos y lista de accesorios incluidos en el suministro, previo al inicio de fabricación de los equipos.

Los planos proporcionados por el proveedor para aprobación deberán presentarse en originales y una copia. El proveedor deberá presentar los planos que se indican a continuación:

Planos esquemáticos.

Planos de dimensiones físicas.

Placa de características.

Planos dimensionales de anclaje (cuando aplique).

Planos eléctricos de operación (cuando aplique).

Quedará en resguardo de ETCEE-INDE el juego de planos originales y se devolverá la copia con la aprobación respectiva y/u observaciones para su construcción. El supervisor del contrato o personal técnico designado por la GERENCIA realizará la evaluación y aprobación correspondiente de los planos; para lo cual contará con quince (15) días hábiles para el efecto.

El proveedor deberá incluir el tiempo de aprobación de los planos dentro del tiempo contemplado para la entrega del suministro y para la vigencia de la carta de crédito.

Si los planos presentan incongruencias, es necesario realizar correcciones o no se presenta la información completa; el supervisor del contrato o el personal técnico designado por la GERENCIA para la revisión de los mismos; solicitará que se amplíe o corrija la información correspondiente; sin responsabilidad en el atraso que el proveedor pueda incurrir en la entrega del suministro por tales observaciones.

3.9.10 Equipos de pruebas para diagnósticos

Para la realización de mantenimientos en los equipos de protección se deberá suministrar los equipos de prueba que se indica mas adelante y según lo requerido en las especificaciones técnicas particulares.

3.9.10.1 Tarjetas extensoras

Se ha de suministrar los modelos y cantidades que se requieran para el ajuste y programación de los terminales de onda portadora

3.9.10.2 Computador portátil para gestión de las protecciones en sitio

Procesador Pentium VI o superior.

Velocidad de operación superior a los 2 GHz.

Capacidad en disco superior a 80 Gb.

Memoria RAM superior a 512 Mb.

Puerto RS-232, (no se aceptan puertos RS-232 con tarjetas PCMCIA de ningún tipo).

Batería para operación independiente de 2 horas mínimo.

Adaptador para conexión a 120 V CA

Funda o maletín para transporte y protección.

Cables para conexión a los equipos suministrados.

Software necesario para la programación de los equipos suministrados.

Interfaz necesaria para la comunicación con los equipos suministrados.

3.10 Normas técnicas para medidores

3.10.1 Alcance

Esta norma comprende el diseño, fabricación, pruebas, planos, dibujos, diagramas internos, diagramas de montaje, lista de partes, instructivos técnicos actualizados de operación y montaje de cada tipo y modelo de medidor multifunción, así como la asistencia técnica y la capacitación requerida para la instalación, pruebas, mantenimiento y puesta en servicio, el empaque, embarque y garantías.

3.10.2 Normas

- d. Los medidores deben satisfacer los requerimientos de las normas IEC 60068, 60529, 60687, 60695, 60817, ANSI/IEEE C12.1, C12.13, C12.16, C12.18, C12.20 y C37.90, (Véase Apéndice) excepto donde, dentro de la presente norma, se haga referencia en forma explícita a otra norma.
- e. En todos los casos regirá para cada norma (incluyendo sus anexos, addendas o revisiones) la versión vigente a la fecha de la convocatoria para la licitación.
- f. En los aspectos no especificados en las normas antes referidas, el contratista podrá proponer otra norma alternativa, cuyo empleo estará sujeto a la aprobación previa por parte de la ETCCE-INDE.

3.10.3 Características generales

3.10.3.1 Características de manufactura

- a. Construcción modular y de ser posible, modular por función.
- b. Las dimensiones de la pantalla de acuerdo a las dimensiones de los dígitos, de tal forma que los muestre totalmente descubiertos.
- c. La altura mínima de los dígitos debe ser de 7.6 mm, con un ángulo visual vertical y horizontal de $\pm 15^\circ$ y $\pm 10^\circ$ respectivamente, desde el centro de la pantalla (display). La condición de visualizar la pantalla hasta una distancia de 2 m al exterior y con luz de día.
- d. Provisto con un puerto serie RS-232 dispuesto en conector DB-25 o DB-9.
- e. Provisto con puerto óptico tipo 2 o con un puerto serie RS-232 o RS-485, para esto se requiere, de un conector necesario, para conexión en cadena, según se indica en especificaciones técnicas particulares.
- f. Provisto con dispositivo de retroceso manual de demanda, dispositivo de congelamiento manual de la pantalla, dispositivo para visualización de pantalla alterna, todos ellos accesibles al operador.
- g. Equipado con una pequeña luz indicadora infrarroja para realizar la prueba de exactitud, cuya frecuencia sea función de la K_e de prueba y programable por el usuario.

3.10.3.2 Características de funcionamiento

- a. Provisto de batería de respaldo para el reloj y la memoria masiva, con vida útil de cinco años y capacidad para 30 días continuos o 365 días acumulables.
- b. La alimentación para circuitos auxiliares, debe estar dispuesta en terminales independientes para facilitar su conexión, ya sea de los transformadores de potencial o de una fuente auxiliar de CA o CD.

- c. La pantalla del medidor debe tener 6 u 8 dígitos para medición de cada uno de los parámetros, con punto decimal programable. El número de dígitos se indicara en las especificaciones técnicas particulares.
- d. Reloj de tiempo real con base en un cristal de cuarzo. Con un error máximo aceptable de ± 30 ppm por cada 30 días.
- e. La corriente máxima del medidor debe ser la corriente de clase.
- f. El principio de operación de los medidores trifásicos es con base a tres elementos, con capacidad para funcionar en conexión de dos elementos sin perder sus características de exactitud.
- g. Los parámetros mostrados en la pantalla, deben ser programables para ser presentados como unidades o los múltiplos, kilo o mega y poder seleccionar el número de dígitos que se requieran después del signo decimal.
- h. En tarifas horarias, éstas deben ser programables para mostrar en pantalla en modo normal, los parámetros de consumos y demandas parciales y totales de al menos 4 tarifas y 4 estaciones.
- i. En tarifas horarias, éstas deben ser programables para mostrar en pantalla en modo alterno: última toma de lectura y cambio de estación.
- j. En ausencia de alimentación debe ser capaz de mantener las siguientes condiciones:
 - Todos los registros de medición.
 - Los parámetros de programación.
 - La programación de las diferentes pantallas.
 - Secuencia de lecturas en la pantalla.
 - Las calibraciones y ajustes del medidor, de manera permanente.
- k. Capacidad de programar la integración de energías y demandas en forma unidireccional o bidireccional.
- l. Provisto con una interfaz para comunicación telefónica, la cual puede ser externa o interna:

- Externa. Para conexión con un módem de velocidad ajustable entre 300 a 14 400 bits/s.
- Interna. Para conexiones con un módem de velocidad ajustable entre valores de 300 a 2400 bits/s.

Esto es necesario para comunicación con línea telefónica para programación del equipo y adquisición de datos; debiendo tener capacidad para efectuar conexión, a voluntad del usuario; de cuando menos 8 medidores a través de la misma línea telefónica.

- m. La alimentación auxiliar que energice el módulo correspondiente a la fuente de poder, puede ser de corriente alterna de 120 V con $\pm 15\%$ de tolerancia o de corriente directa con tensión de 125 o 250 VCD, con $\pm 15\%$ de tolerancia. El valor requerido se indica en las especificaciones técnicas particulares.
- n. Capacidad para realizar automáticamente un restablecimiento de demanda.
- o. Capacidad para colocar el medidor en modo de prueba ya sea por Software o Hardware.
- p. Capacidad para proporcionar salidas de pulsos de energía activa, reactiva y de fin de intervalo.
- q. Capacidad de indicar la frecuencia promedio de línea para mostrar en pantalla como valor instantáneo y obtener el perfil de este parámetro, según se indica en las especificaciones técnicas particulares.

3.10.3.3 Características técnicas de los medidores multifuncionales

- a. Multimedidor ION 7600 o similar.
- b. Deberá cumplir con norma ISO 9001.
- c. Todos los campos deberán tener un multimedidor el cual deberá estar ubicado en cada salida de línea y para cada transformador en su salida de baja tensión.
- d. Deberán ser del tipo tablero.
- e. Registrar y almacenar los siguientes parámetros para el sistema comercial:

- Energía activa entregada y/o recibida, energía reactiva entregada y/o recibida
- f. Registrar y almacenar los siguientes parámetros para el sistema comercial se registran las siguientes magnitudes:
- Energía activa y reactiva entregada y/o recibida, potencia activa y reactiva máxima entregada y/o recibida, energía activa y reactiva entregada y/o recibida instantánea, factor de potencia y voltaje instantáneo en fases.
 - Intervalos de medición de 15 minutos.
 - Normativo aplicables: NCC14.
 - Clase de exactitud: 0.2 %
- g. Registrar y almacenar los siguientes parámetros para calidad del producto
- Tiempo, voltajes de línea a línea, corrientes de línea, potencia activa, potencia reactiva, potencia aparente, factor de potencia en adelanto y atraso, energía entregada y recibida.
 - Intervalos de medición de 15 minutos.
 - Normativo aplicables: NTCSTS, NTSD
- h. El almacenamiento de toda la información deberá ser en sectores diferentes de memoria.
- i. Mediciones de potencia real, aparente y reactiva, demanda, contador de energía bi-direccional, valores rms de voltaje, corriente y potencia, factor de potencia y frecuencia.
- j. Análisis armónico. (individuales voltaje y corriente, K-factor, etc.).
- k. Componentes simétricas.
- l. *Data logging* (min/max, muestreos, grabado de eventos, grabado formas de onda etc.).
- m. Muestreo de 128 veces por ciclo.
- n. Pantalla de cristal líquido con luz detrás de alta resolución. (*backlight*).
- o. Entradas/salidas de alarmas de violación de parámetros.
- p. Entradas analógicas y salidas analógicas.
- q. Sincronización vía GPS.

- r. Detección de transientes tan cortos como a 130 microsegundos a 60 Hz.
- s. Control de *set-point*, de cualquier parámetro o condición.
- t. Protocolo DNP 3.0, *modbus* esclavo y maestro.
- u. Interfase RS 485, para el concentrador de comunicaciones.
- v. Cumpla con la norma ANSI C12.16, ANSI C12.20 e IEC 687.
- w. Memoria flash, para fácil *upgrades*.
- x. Compatibilidad completa con el software de calidad de energía PEGASYS que tiene INDE.
- y. Debe ser de marca reconocida y de prestigio internacional. Alta precisión en el registro de eventos.
- z. Para la instalación se requiere que tenga: posibilidad de conexión del mismo medidor en sistemas de 3 elementos, 2 ½ elementos y 2 elementos sin modificar el Hardware del mismo.
- aa. 3 entradas de voltaje y 3 entradas de corriente.
- ab. Conexión en Y de cuatro cables y delta de 3 cables.
- ac. Rango automático de las entradas de voltaje fase a tierra de 30-280 V, y rango automático de corrientes entre 0-20 A en I1, I2, I3 y I4.
- ad. Voltaje de alimentación 85-240 VAC/VDC.
- ae. Frecuencia 60 hz.
- af. El medidor deberá ser tipo tablero con indicación visual de numeración grande.
- ag. Toda información almacenada en los registros podrá ser compatible con archivos de base de datos, y poder ser convertida en archivos de extensión xls.
- ah. Los medidores deben pertenecer a la serie de equipos homologados por las normas de coordinación comercial No. 14, y cumplir con lo requerido por las NTCSTS. Deberán adjuntar certificación del cumplimiento.
- ai. Deberá tener batería incorporada para mantener los datos almacenados en memoria por lo menos durante siete días ante la falla de alimentación auxiliar.

- aj. Deberá contar con una bornera de verificación precintable en la cual estén accesibles todas las conexiones de tensión y de corriente y que permita la verificación con un instrumento para tal uso.
- ak. La clase de exactitud deberá ser 0.2%.
- al. El medidor podrá ser sincronizado con: receptor de GPS externo, y la frecuencia de la línea de la red eléctrica.
- am. El medidor debe poseer funciones lógicas y matemáticas.
- an. Funciones lógicas y matemáticas que permitan a los medidores realizar cálculos sobre cualquier valor medido.
- ao. Debe tener operadores aritméticos, comparativos, lógicos, trigonométricos, matemáticos, etc.
- ap. Las mediciones de energía deben ser bidireccionales y medir la energía en los cuatro cuadrantes.
- aq. Debe ofrecer una amplia variedad de mediciones instantáneas (en tiempo real).
- ar. Mediciones de alta precisión y alta velocidad.
- as. Como mínimo debe mostrar en tiempo real lo siguiente:
 - Voltaje.
 - Corriente.
 - Potencia activa.
 - Potencia reactiva.
 - Potencia aparente.
 - Factor de potencia.
 - Frecuencia.
 - Inversión de fases.
 - Desbalance entre voltaje.
 - Desbalance entre corriente.
- at. Configuración fácil para compensación de pérdidas en transformadores y líneas de transmisión.
- au. Medición de componentes simétricos:

- componentes de secuencias cero.
 - positivo y negativo.
 - magnitud y ángulo de fase de todas las entradas de corriente y voltaje.
- av. Disparos por fase para la grabación de formas de onda u operaciones de control.
- aw. Análisis de transitorios mediante el trazado de curvas de tolerancias.
- ax. Indicadores de tiempo total de interrupción del suministro eléctrico, incluyendo duración, fecha y hora.
- ay. Confiabilidad para registros y reportes en tiempo real de variaciones de frecuencia, voltaje, corriente, potencia, etc.
- az. Detección y registro de transitorios de subciclos cortos.
- ba. Como mínimo debe poseer un puerto infrarrojo, un RS 232 y RS 485.

3.10.3.3.1 Características del tablero frontal del medidor

- a. De fácil lectura.
- b. Iluminación posterior.
- c. Contraste ajustable.
- d. Interfaces fáciles de usar para poder configurar los parámetros del medidor o bien visualizar los datos del sistema de alimentación.
- e. La pantalla se deberá poder personalizar para que el usuario visualice como mínimo un total de 30 pantallas de datos preconfigurados, incluyendo diagramas fasoriales, histogramas de armónicos, etc.

3.10.3.3.2 Registro de datos y eventos del medidor

- a. Capacidad de memoria no volátil para almacenar información histórica completa en por lo menos 30 canales, cada uno programado para registrar los parámetros a cada 15 minutos y mantener la información histórica durante 70 días como mínimo.

- b. Debe contar con por lo menos 200 canales de grabación para diferentes parámetros, y varios registradores.
- c. Los canales se deben poder configurar de acuerdo a los requerimientos de usuario y los registradores pueden activarse en función de intervalos de tiempo, condiciones de alarmas/eventos o manualmente.
- d. Los canales podrán ser programados para que los datos queden registrados en periodos ajustados a 10, 15, 30, 60 minutos, etc.

3.10.3.3 Comunicaciones del medidor

- a. Puertos seriales: puerto RS-232, puerto RS-485, puerto óptico infrarrojo, *modem* interno.
- b. Los puertos deben ser multiprotocolos y deben incluir por lo menos lo siguientes: DNP 3.0, y protocolo propio del medidor.

3.10.3.4 Características de compatibilidad con transformadores para instrumento

Los medidores multifunción que operen con señales procedentes de transformadores de instrumento, deben trabajar dentro de su exactitud especificada y el medidor debe cumplir con lo siguiente:

- Las constantes de relación transformación deben ser programables por el usuario.
- Capacidad para sumar y restar en las integraciones del medidor multifunción un valor predeterminado de pérdidas en transformadores de potencia y pérdidas por conducción en líneas de transmisión.

3.10.3.5 Interfaz con sistemas de control supervisorio y adquisición de datos

Cuando se indique en las especificaciones técnicas particulares, los medidores deben estar provistos de una interfaz a través de la cual el SCADA pueda obtener del medidor multifunción cualquiera de los datos o valores medidos, los cuales son registrados sobre una base de tiempo real y almacenados en la base de datos del sistema SCADA, con el protocolo indicada en las especificaciones técnicas particulares.

3.10.3.6 Interfaz con otros sistemas de medición

Cuando se indique en las especificaciones técnicas particulares los medidores deben tener la capacidad de proveer las entradas y salidas de pulsos para algunas configuraciones, como por ejemplo:

- Entrada de pulsos para sincronización de intervalo de la memoria masiva.
- Salida de pulsos en función de energía activa y reactiva, tanto entregada como recibida, con valores programables por el usuario.
- Salida indicadora del fin de intervalo.

3.10.4 Requerimientos de la medición

Las integraciones de consumo, demandas y valores instantáneos efectuadas con medidores multifunción descritos en esta norma, deben cumplir con los límites de exactitud descritos en la Tabla XXXIV (Véase Anexo 2).

Su comportamiento se evalúa de acuerdo a los valores de las Tablas XXXV a la XXXIX (Véase Anexo 2).

3.10.4.1 Contenido de las tablas del comportamiento de los medidores

Las tablas están clasificadas en ocho rubros diferentes, identificándose cada rubro con el mismo número de tabla para clase 0.2 y 0.5.

3.10.4.2 Valores nominales de operación

En la Tabla XLII (Véase Anexo 2) se indican los valores de referencia a los que deben operar los medidores multifunción, considerando las condiciones de exactitud establecidas.

- a. La corriente máxima del medidor es la corriente de clase.
- b. Los límites de temperatura del medidor son de -20 °C a 55 °C.
- c. El intervalo de humedad relativa de operación del medidor es de 0 a 95 %, sin condensación.
- d. La carga máxima de cada circuito individual de tensión, corriente y fuente auxiliar del medidor sin cambiar sus características de exactitud, como se indica en la Tabla XLIII (Véase Anexo 2).
- e. Los límites de operación de la fuente de alimentación del medidor son de ± 15 % del valor nominal.
- f. El medidor para conexión con transformadores de instrumento debe estar habilitado para soportar en 0.5 s una corriente igual a 20 $I_{m\acute{a}x}$. El medidor autocontenido debe estar habilitado para soportar en 0.1 s una corriente igual a 7000 A pico.
- g. El medidor debe ser completamente funcional después de 5 s de aplicarle la energía al circuito de alimentación.
- h. Con tensiones aplicadas y sin corriente circulando por el circuito correspondiente, la prueba de salida del medidor no debe producir más de un pulso, sin la aplicación de la compensación de pérdidas de transformación.

- i. El medidor debe iniciar y continuar la integración tanto en pantalla como en memoria masiva con el valor de la corriente de acuerdo a lo establecido en la Tabla XXXV (Véase Anexo 2). Para medición bidireccional, este requerimiento debe aplicarse en cada dirección del flujo de corriente.

3.10.5 Control de calidad

Cuando sea solicitado en los términos de referencia, las pruebas en fábrica deberán ser certificadas por un ingeniero especialista. El certificador deberá pertenecer a un laboratorio de pruebas de prestigio a nivel mundial como *KEMA Consulting* de Holanda, *CESI* de Italia o *LAPEM* de México o empresa certificadora de pruebas con experiencia la cual deberá documentarse plenamente en la oferta. El costo de dicha supervisión correrá por cuenta del contratista.

La funcionalidad del equipo y su comportamiento se basa en lo establecido en la norma IEC 60687, aplicando sus criterios y los procedimientos generales de prueba y ajustándose a los valores de referencia y tolerancias indicadas en las tablas de esta norma.

3.10.5.1 Pruebas de prototipo

Protocolo de pruebas establecido para realizarse en una muestra de medidores multifunción del mismo tipo teniendo características idénticas, para verificar que cumple con los requerimientos establecidos.

3.10.5.1.1 Pruebas dieléctricas

- a. Pruebas de impulso:

La prueba debe efectuarse de acuerdo con la norma IEC 60687, bajo las siguientes condiciones:

- El equipo en condiciones de no operación.
- El valor pico debe ser de 6 kV.
- 10 impulsos positivos y 10 impulsos negativos.
- Tiempo entre impulsos 3 s.
- Después de las pruebas de impulso, el medidor no debe presentar daños ni cambios en la información y debe de operar correctamente

b. Pruebas de potencial aplicado:

La prueba debe ser corrida bajo las siguientes condiciones:

- El equipo en condiciones de no operación.
- Tensión eléctrica = 1500 rms, 60 Hz, 1 min.
- Todos los circuitos de entrada/salida en cortocircuito.
- Puntos de prueba.
- Entradas de tensión contra tierra.
- Entradas de corriente contra tierra.
- Salidas de tensión contra tierra.
- Salidas de corriente contra tierra.
- Entradas contra salidas.

3.10.5.1.2 Requisitos de exactitud

- a. Verificación de la constante del medidor.
- b. Corriente de arranque.
- c. Deslizamiento.
- d. Pruebas de influencia de temperatura ambiente.

La prueba debe ser realizada de acuerdo con la norma IEC 60687, y no debe exceder los límites dados en la Tabla XLI (Véase Anexo 2).

- e. Pruebas de cantidades de influencia.

La prueba debe ser ejecutada de acuerdo a la norma IEC 60687, se debe de comprobar los límites de porcentajes de error en cada una de las variables del medidor multifunción de acuerdo a los intervalos que se indican en la Tabla XL (Véase Anexo 2).

f. Prueba de exactitud.

Se debe comprobar los límites de porcentaje de error en cada una de las variables de los medidores multifunción, de acuerdo a los intervalos que se indican en las Tablas XXXVI, XXXVII, XXXVIII y XXXIX (Véase Anexo 2).

Cualquiera de estas mediciones, se realizan con patrones con una relación de exactitud de 4 a 1.

3.10.5.1.3 Pruebas eléctricas

- a. Consumo de energía. La prueba debe ser realizada de acuerdo con la norma IEC 60687.
- b. Pruebas de influencia de la fuente de alimentación. La prueba debe ser ejecutada de acuerdo con la norma IEC 60687.
- c. Pruebas de influencia de sobrecorriente de corto tiempo. La prueba debe ser realizada de acuerdo con la norma IEC 60687.
- d. Prueba de influencia de autocalentamiento. La prueba debe ser realizada de acuerdo con la norma IEC 60687. El límite de variación en el porcentaje de error no debe exceder los valores de la Tabla XLIV (Véase Anexo 2).
- e. Prueba de influencia de calentamiento. Esta prueba debe realizarse de acuerdo con la norma IEC 60687 y cumplir con lo indicado en dicha prueba.

3.10.5.1.4 Pruebas de compatibilidad electromagnética

- a. Medición de radio interferencia. La prueba debe ser realizada de acuerdo con la norma IEC 60687.

- b. Capacidad de soportar transitorios (SWC).
- c. Pruebas de transitorios rápidos (*fast transient burst*).
- d. Prueba de inmunidad en campos electromagnéticos de alta frecuencia. La prueba debe ser realizada de acuerdo con IEC 60687. Con corriente nominal y factor de potencia igual a 1.0 no debe exceder a los límites establecidos en la Tabla XLV (Véase Anexo 2).
- e. Pruebas de inmunidad de descargas electrostáticas. La prueba debe ser realizada de acuerdo con la norma IEC 60687.

3.10.5.1.5 Pruebas de influencia climáticas

- a. Pruebas de calor seco. La prueba debe ser realizada de acuerdo con la norma IEC 60068-2-2.
- b. Pruebas a baja temperatura. La prueba debe ser realizada de acuerdo con la norma IEC 60068-2-1.
- c. Prueba de humedad. La prueba debe ser ejecutada de acuerdo con la norma IEC 60068-2-30.

3.10.5.1.6 Pruebas mecánicas

- a. Pruebas de vibración. La prueba debe efectuarse de acuerdo a la norma IEC 60068-2-6.
- b. Prueba de impacto. La prueba debe efectuarse de acuerdo a la norma IEC 60068-2-27.
- c. Pruebas de martillo (*Spring hammer*). La prueba debe ser ejecutada de acuerdo a la norma IEC 60817.
- d. Pruebas de protección contra penetración de polvo y agua. La prueba debe ser realizada de acuerdo a las normas IEC 60687 e IEC 60529.

- e. Prueba de resistencia al calor y fuego. La prueba debe ser realizada de acuerdo a la norma IEC 60695-2-1.

3.10.5.2 Pruebas de rutina

Las pruebas que se mencionan a continuación las debe realizar el fabricante en sus instalaciones y cumplir con el contenido del protocolo de pruebas de rutina establecido en la Tabla XLV (Véase Anexo 2), y con las siguientes pruebas funcionales:

3.10.5.2.1 Pruebas funcionales

- a. Autodiagnóstico.
- b. Integración en memoria masiva.
- c. Integración en pantalla.
- d. Protocolo de comunicaciones.

3.10.5.2.2 Prueba de corriente de arranque

Debe realizarse de acuerdo al punto 5.10.5.1.2 inciso b de esta norma.

3.10.5.2.3 Prueba de desplazamiento

Debe realizarse de acuerdo al punto 5.10.5.1.2 inciso c de esta norma.

3.10.5.2.4 Pruebas de exactitud

Deben realizar con patrones de una exactitud de 4 a 1.

3.10.5.2.5 Pruebas de demanda

Se realizaran con un intervalo de 1 min.

3.10.5.3 Criterio de aceptación o rechazo de las pruebas

Cualquier unidad podrá ser rechazada sin perjuicio para el INDE, si durante el proceso de pruebas en fábrica se presentan diferencias.

3.10.5.4 Certificación de las pruebas en fábrica

Cuando sea solicitado en los términos de referencia, las pruebas en fábrica deberán ser certificadas por un ingeniero especialista. El certificador deberá pertenecer a un laboratorio de pruebas de prestigio a nivel mundial como KEMA *Consulting* de Holanda, CESI de Italia o LAPEM de México o empresa certificadora de pruebas con experiencia la cual deberá documentarse plenamente en la oferta. El costo de dicha supervisión correrá por cuenta del contratista.

Este certificador deberá hablar idioma español, el trabajo del certificador será revisar todos los procedimientos de pruebas, revisión de equipos de pruebas y avalará la ejecución de las mismas, a efecto estas se hagan de acuerdo a las normas acordadas en la oferta y cumpliendo con los valores ofertados de diseño. El fabricante deberá estar en la disposición de modificar cualquiera de los procedimientos de prueba que requiera el certificador.

La certificación de la validación de las pruebas será emitida por la empresa del certificador contratada por el contratista, debiendo entregarla directamente esta empresa al supervisor en original y dos copias en un plazo máximo de 8 días después de finalizadas todas las pruebas solicitadas en estos términos de referencia.

3.10.6 Instrucciones de montaje y operación

- a. El proveedor debe entregar un ejemplar del instructivo de montaje, operación y mantenimiento en forma compacta, el cual debe contener información de todos los equipos y accesorios con que cuentan los medidores.
- b. El ejemplar comprende un instructivo específico para instalación, operación y mantenimiento en el cual se incluya su descripción, modo de operación, diagramas esquemáticos y de conexiones, curvas de operación, valores de operación y precauciones de montaje.

3.10.7 Información y documentación técnica requerida en la oferta y entrega

El proveedor deberá documentar la oferta con catálogos de equipos que está ofertando los cuales serán empleados en la evaluación correspondiente.

Los catálogos y otra documentación técnica podrán ser en idioma español o inglés exclusivamente.

Adicionalmente el proveedor deberá entregar por cada equipo la siguiente documentación al momento de la entrega definitiva del suministro en la bodega de INDE:

- f. Documentación técnica que contenga toda la información característica del suministro.
- g. Resultados de calibraciones y pruebas de fábrica.
- h. Guía de uso y mantenimiento.
- i. Manuales de montaje, operación y mantenimiento.
- j. Manuales de configuración y ajustes del Software de protección.

3.10.8 Aprobación de planos

El proveedor deberá presentar al supervisor del contrato para aprobación dos (2) juegos de planos y lista de accesorios incluidos en el suministro, previo al inicio de fabricación de los equipos.

Los planos proporcionados por el proveedor para aprobación deberán presentarse en originales y una copia. El proveedor deberá presentar los planos que se indican a continuación:

Planos esquemáticos.

Planos de dimensiones físicas.

Placa de características.

Planos dimensionales de anclaje (cuando aplique).

Planos eléctricos de operación (cuando aplique).

Quedará en resguardo de ETCEE-INDE el juego de planos originales y se devolverá la copia con la aprobación respectiva y/u observaciones para su construcción. El supervisor del contrato o personal técnico designado por la GERENCIA realizará la evaluación y aprobación correspondiente de los planos; para lo cual contará con quince (15) días hábiles para el efecto.

El proveedor deberá incluir el tiempo de aprobación de los planos dentro del tiempo contemplado para la entrega del suministro y para la vigencia de la carta de crédito.

Si los planos presentan incongruencias, es necesario realizar correcciones o no se presenta la información completa; el supervisor del contrato o el personal técnico designado por la GERENCIA para la revisión de los mismos; solicitará que se amplíe o corrija la información correspondiente; sin responsabilidad en el atraso que el proveedor pueda incurrir en la entrega del suministro por tales observaciones.

4. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARTICULARES PARA EQUIPOS DE POTENCIA, MEDICIÓN Y PROTECCIÓN

4.1 Especificaciones técnicas particulares para interruptores de potencia

INSTITUTO NACIONAL DE ELECTRIFICACIÓN
EMPRESA DE TRANSPORTE Y CONTROL DE ENERGÍA ELÉCTRICA

HOJA 1 DE 3

“Nombre del proyecto”

ESPECIFICACIONES GENERALES

“Breve descripción del equipo solicitado”

PARÁMETROS PARA EL DISEÑO DE LOS EQUIPOS

Velocidad de viento:		Km/h
Aceleración sísmica:		m/s ²
Altura de operación:		msnm
Condiciones especiales de servicio:		
• Nivel de contaminación:		
• Ambiente sujeto a corrosión severa:	Sí	No

GARANTÍAS DE FUNCIONAMIENTO

1.	Cantidad de interruptores:		Pieza(s)
2.	Medio de extinción del arco:		
3.	Tensión de diseño del interruptor (valor eficaz):		kV
4.	Niveles nominales de aislamiento:		
	a) Tensión nominal de aguante de corta duración a 60 Hz (valor eficaz):		
	• De fase a tierra y entre fases:		kV
	• A través del interruptor abierto:		kV
	b) Tensión nominal de aguante al impulso por maniobra (valor cresta):		
	• De fase a tierra:		kV
	• Entre fases:		kV
	• A través del interruptor abierto:		kV
	c) Tensión nominal de aguante al impulso por rayo (valor cresta):		
	• De fase a tierra y entre fases:		kV
	• A través del interruptor abierto:		kV
5.	Corriente nominal (valor eficaz):		A
6.	Corriente nominal de interrupción de corto circuito (valor eficaz):		kA
7.	Corriente sostenida de corta duración (1s) (valor eficaz):		kA
8.	Distancia de fuga mínima a tierra:		mm
9.	Tensión de:		
	a) Control y relevadores, bobinas, señalización, etc.:		VCD
	b) Equipos auxiliares, motores, contactores, etc.:		VCD
	c) Resistencias calefactores:		VCA
10.	Número de mecanismos de operación:		

GARANTÍAS DE FUNCIONAMIENTO

11.	Número de bastidores soporte:		
12.	Distancia mínima entre fases (partes vivas):		m
13.	Altura aproximada de la cimentación o base:		m
14.	Descripción y tipo de conectores terminales:		
15.	Conectores para puesta a tierra:		
16.	Accesorios especiales (aplicable únicamente para interruptores de tanque muerto):		
	Relación de transformación:		
	Número de devanados secundarios:		
	Carga y clase de exactitud:		
17.	Se deben suministrar resistencias de preinserción (sí o no):		
	En caso de suministrarse deben cumplir con las siguientes características		
	a) Rango de la resistencia:		Ω
	b) No. de pasos de la resistencia:		
	c) Tiempo mínimo de preinserción:		ms
	d) Capacidad térmica:		Watts
18.	Se deben suministrar accesorios contra sismos:		
	Sólo si se requieren para cumplir con la aceleración sísmica especificada.		
19.	Se requieren partes de repuesto (sí o no):		
20.	Se requieren accesorios de llenado de SF6		

4.2 Especificaciones técnicas particulares para seccionadores

INSTITUTO NACIONAL DE ELECTRIFICACIÓN
EMPRESA DE TRANSPORTE Y CONTROL DE ENERGÍA ELÉCTRICA

HOJA 1 DE 3

“Nombre del proyecto”

ESPECIFICACIONES GENERALES

“Breve descripción del equipo solicitado”

PARÁMETROS PARA EL DISEÑO DE LOS EQUIPOS

Velocidad de viento:		km/h
Aceleración sísmica:		m/s ²
Altura de operación:		msnm
Condiciones especiales de servicio:		
• Nivel de contaminación:		
• Ambiente sujeto a corrosión severa:	Si	No

GARANTÍAS DE FUNCIONAMIENTO

1.	Cantidad de seccionadores tripolares:		
	a) Sin cuchillas y mecanismo de puesta a tierra:		Piez a(s)
	b) Con cuchillas y mecanismo de puesta a tierra:		Piez a(s)
	c) Total sin y con cuchillas y mecanismo de puesta a tierra:		Piez a(s)
2.	Tipo de construcción:		
	(Doble apertura lateral, Apertura vertical, Apertura Horizontal, Pantógrafo):		
3.	Tipo de montaje (horizontal o vertical):		
4.	Tensión de diseño del seccionador (valor eficaz):		kV
5.	Niveles nominales de aislamiento		
	a) Tensión nominal de aguante de corta duración a 60 Hz (valor eficaz):		
	• De fase a tierra y entre fases:		kV
	• A través de la cuchilla abierta:		kV
	b) Tensión nominal de aguante al impulso por maniobra (valor cresta):		
	• De fase a tierra:		kV
	• Entre fases:		kV
	• A través de la cuchilla abierta:		kV
	c) Tensión nominal de aguante al impulso por rayo (valor cresta):		
	• De fase a tierra y entre fases:		kV
	• A través de la cuchilla abierta:		kV
6.	Corriente nominal (valor eficaz):		A
7.	Corriente de aguante de corta duración (1s)(valor eficaz):		kA
8.	Corriente de aguante de corta duración (1s)(valor cresta):		kA
9.	Distancia de fuga mínima a tierra:		mm

GARANTÍAS DE FUNCIONAMIENTO

10.	Tensión de:		
	a) Control y señalización:		VCD
	b) Equipo eléctrico del mecanismo de operación:		VCD
	c) Resistencias calefactores:		VCA
11.	Número de mecanismos de operación:		
12.	Número de bastidores soporte:		
13.	Distancia mínima entre fases (entre partes vivas):		m
14.	Altura aproximada de la cimentación o base:		m
15.	Descripción y tipo de conectores terminales:		
16.	Conectores para puesta a tierra:		
17.	Motor eléctrico del mecanismo de operación:		
	a) Tensión nominal:		VCD
	b) Número de fases:		
	c) Frecuencia nominal:		Hz
18.	Gabinete común o maestro:		
	a) De montaje independiente:		
	b) Si está integrado al gabinete de una fase, instalar en la fase:		
19.	Altura de montaje del gabinete sobre el nivel del piso:		m
20.	Características de la cuchilla de puesta a tierra:		
	a) Tensión de diseño (valor eficaz):		kV
	b) Corriente de aguante de corta duración (valor eficaz):		kA
	c) Tiempo de duración de la corriente de aguante de corta duración:		s
	d) Número de mecanismos de operación:		
21.	Se requieren partes de repuesto (sí o no)		

4.3 Especificaciones técnicas particulares para transformadores de instrumento

4.3.1 Especificaciones técnicas particulares para transformadores de corriente

INSTITUTO NACIONAL DE ELECTRIFICACIÓN
EMPRESA DE TRANSPORTE Y CONTROL DE ENERGÍA ELÉCTRICA

HOJA 1 DE 3

“Nombre del proyecto”

ESPECIFICACIONES GENERALES

“Breve descripción del equipo solicitado”

PARÁMETROS PARA EL DISEÑO DE LOS EQUIPOS

Velocidad de viento:					Km/h
Aceleración sísmica:					m/s ²
Altura de operación:					msnm
Condiciones especiales de servicio:					
• Nivel de contaminación:					
• Ambiente sujeto a corrosión severa:	Si		No		

GARANTÍAS DE FUNCIONAMIENTO

1.	Cantidad de transformadores de corriente:		Pieza(s)
2.	Número de devanados:		
	a) Primarios:		
	b) Secundarios (núcleos):		
	• Para medición:		
	• Para protección:		
3.	Clase de exactitud y carga:		
	a) Para medición:		
	b) Para protección:		
4.	Corriente nominal devanado primario:		
	a) Relación múltiple (valor eficaz):		A
	b) Doble relación (conexión serie-paralelo) (valor eficaz):		A
5.	Corriente térmica de corto circuito (1s)		kA
6.	Corriente dinámica de corto circuito (valor cresta):		kA
7.	Factor de capacidad térmica de la corriente nominal:		
8.	Relación de transformación:		
9.	Tensión nominal del sistema (valor eficaz):		kV
10.	Tensión de diseño del t.c. (valor eficaz):		kV
11.	Distancia de fuga mínima a tierra:		mm
12.	Altura aproximada de la cimentación o base:		m
13.	Descripción y tipo de conectores terminales:		

GARANTÍAS DE FUNCIONAMIENTO

14.	Conectores para puesta a tierra:	
15.	Valores de pruebas dieléctricas:	
	AISLAMIENTO EXTERNO	
	a) Tensión al impulso, onda completa (valor cresta):	kV
	b) Potencial aplicado a 60 Hz durante 1 minuto (valor eficaz):	kV
	AISLAMIENTO INTERNO	
	Devanado primario	
	a) Tensión al impulso, onda completa (valor cresta):	kV
	b) Potencial aplicado a 60 Hz durante 1 minuto (valor eficaz):	kV
	Devanado secundario	
	a) Potencial aplicado a 60 Hz durante 1 minuto (valor eficaz):	kV

**4.3.2 Especificaciones técnicas particulares de transformadores de potencial
(inductivo o capacitivo)**

**INSTITUTO NACIONAL DE ELECTRIFICACIÓN
EMPRESA DE TRANSPORTE Y CONTROL DE ENERGÍA ELÉCTRICA**

HOJA 1 DE 3

“Nombre del proyecto”

ESPECIFICACIONES GENERALES

“Breve descripción del equipo solicitado”

PARÁMETROS PARA EL DISEÑO DE LOS EQUIPOS

Velocidad de viento:		Km/h
Aceleración sísmica:		m/s ²
Altura de operación:		msnm
Condiciones especiales de servicio:		
<ul style="list-style-type: none"> • Nivel de contaminación: 		
<ul style="list-style-type: none"> • Ambiente sujeto a corrosión severa: 	Si	No

GARANTÍAS DE FUNCIONAMIENTO

1.	Cantidad de transformadores de potencial:		Pieza(s)
2.	Tipo de transformador de potencial:		
3.	Servicio:		
4.	Número de fases:		
5.	Número de devanados:		
	a) Primarios:		
	b) Secundarios:		
6.	Relación de transformación:		
7.	Tensión nominal del sistema (valor eficaz):		kV
8.	Tensión de diseño del t.p.(valor eficaz):		kV
9.	Tensiones nominales de los devanados (valor eficaz):		
	Para los devanados primarios.		
	a) Tensión del primario, de fase a tierra y entre fases:		V
	b) Conexión:		
	Para los devanados secundarios.		
	a) Tensión del Devanado "X":		V
	b) Tensión del Devanado "Y":		V
10.	Clase de exactitud y carga:		
	a) Devanado "X":		
	b) Devanado "Y":		
	c) Otro devanado:		
	d) Carga total simultánea en los devanados secundarios:		
11.	Capacidad térmica:		VA
12.	Distancia de fuga mínima a tierra:		mm
13.	Altura aproximada de la cimentación o base:		m

GARANTÍAS DE FUNCIONAMIENTO

14.	Descripción y tipo de conectores terminales:		
15.	Conectores para puesta a tierra:		
16.	Niveles nominales de aislamiento (interno y externo)		
	Devanado primario		
	a) Tensión nominal de aguante a 60 Hz (valor eficaz):		kV
	b) Tensión nominal de aguante al impulso por maniobra (valor cresta):		kV
	c) Tensión nominal de aguante al impulso por rayo (valor cresta):		kV
	Devanado secundario		
	a) Tensión nominal de aguante a 60 Hz (valor eficaz):		V
	Factor de sobretensión:		%

CARACTERÍSTICAS PARA COMUNICACIÓN EN CVT

17.	Capacitancia:		pF
18.	Suministro de bases aislantes:		
19.	Conexión para RF de Terminal de Onda Portadora:		
20.	Cuchilla para puesta a tierra de señal RF, sin cortocircuitar los secundarios de medición		

4.4 Especificaciones técnicas particulares para pararrayos

INSTITUTO NACIONAL DE ELECTRIFICACIÓN
EMPRESA DE TRANSPORTE Y CONTROL DE ENERGÍA ELÉCTRICA

HOJA 1 DE 2

“Nombre del proyecto”

ESPECIFICACIONES GENERALES

“Breve descripción del equipo solicitado”

PARÁMETROS PARA EL DISEÑO DE LOS EQUIPOS

Velocidad de viento:		Km/h
Aceleración sísmica:		m/s ²
Altura de operación:		msnm
Condiciones especiales de servicio:		
• Nivel de contaminación:		
• Ambiente sujeto a corrosión severa:	Si	No

GARANTÍAS DE FUNCIONAMIENTO

1.	Cantidad de pararrayos de óxido metálico		Pieza(s)
2.	Tipo de pararrayos		
3.	Tensión nominal del pararrayos (valor eficaz):		kV
4.	Tensión de operación continua (valor eficaz):		kV
5.	Clase:		
6.	Capacidad mínima de disipación de la energía:		kJ/Kv
7.	Tipo de aislamiento externo:		
8.	Distancia de fuga mínima a tierra:		mm
9.	Accesorios requeridos:		
	a) Base aislante:	Si	No
	b) Contador de descargas con medición de corriente de fuga en mA:	Si	No
	c) Contador de descargas:	Si	No
	d) Anillos equipotenciales:	Si	No
10.	Descripción y tipo de conectores terminales:		
11.	Conectores para puesta a tierra:		

4.5 Especificaciones técnicas particulares para reguladores de voltaje

**INSTITUTO NACIONAL DE ELECTRIFICACIÓN
EMPRESA DE TRANSPORTE Y CONTROL DE ENERGÍA ELÉCTRICA**

HOJA 1 DE 2

“Nombre del proyecto”

ESPECIFICACIONES GENERALES

“Breve descripción del equipo solicitado”

PARÁMETROS PARA EL DISEÑO DE LOS EQUIPOS

Velocidad de viento:		Km/h
Aceleración sísmica:		m/s ²
Altura de operación:		msnm
Condiciones especiales de servicio:		
• Nivel de contaminación:		
• Ambiente sujeto a corrosión severa:	Si	No

GARANTÍAS DE FUNCIONAMIENTO

1.	Voltaje nominal del sistema fase a fase:		kV
2.	Voltaje de fase a tierra (monofásico):		kV
3.	Voltaje nominal máximo del sistema:		kV
4.	Clase de aislamiento:		kV
5.	BIL a 1000 msnm		kV
6.	Distancia de fuga		mm
7.	Tensión máxima a soporta 1 min.		kV
8.	Para ser empleados como reguladores de transformadores de potencia de:		MVA
9.	Corriente nominal mínima de operación:		A
10.	Los conectores para instalación del regulador y cuchillas será tipo NEMA, el calibre del conductor a emplear es el siguiente:		MCM

4.6 Especificaciones técnicas particulares para transformadores de potencia

INSTITUTO NACIONAL DE ELECTRIFICACIÓN
EMPRESA DE TRANSPORTE Y CONTROL DE ENERGÍA ELÉCTRICA

HOJA 1 DE 7

“Nombre del proyecto”

ESPECIFICACIONES GENERALES

“Breve descripción del equipo solicitado”

PARÁMETROS PARA EL DISEÑO DE LOS EQUIPOS

Velocidad de viento:		km/h
Aceleración sísmica:		m/s ²
Altura de operación:		msnm
Condiciones especiales de servicio:		
• Nivel de contaminación:		
• Ambiente sujeto a corrosión severa:	Si	No

GARANTÍAS DE FUNCIONAMIENTO

1.	Tipo de equipo (transformador/autotransformador):			
2.	No. de devanados:			
3.	Cantidad de unidades:			
4.	Altitud de operación:			msnm
5.	Elevación de temperatura en devanados:			°C
6.	No. de fases			
7.	Conexión en devanados:	8.	Tensión nominal de los devanados	
	Alta tensión (H):		Alta tensión (H):	kV
	Baja tensión (X):		Baja tensión (X):	kV
	Terciario (Y):		Terciario (Y):	kV
8.	Paso de enfriamiento en el cual deben garantizarse las pérdidas debidas a la carga:			
9.	Se requiere que los aislamientos del transformador sean para operar en forma continua a una elevación de 65°C sobre una temperatura ambiente de 40°C, con incremento de capacidad del 12% sobre los kva nominales a 55°C (sí o no):			
10.	Capacidad continua y clase de enfriamiento			
	Clase de enfriamiento	Capacidad de los devanados (kVA)		
		Alta tensión (H)	Baja tensión (X)	Terciario (Y)
	ONAN			
	OFAF			
	OFAF			

GARANTÍAS DE FUNCIONAMIENTO

11.	Niveles de aislamiento y valores de pruebas dieléctricas				
CARACTERÍSTICAS	UDS.	DEVANADOS			
		Alta tensión (H)	Baja tensión (X)	Terciario (Y)	
Clase de Aislamiento	kV				
Prueba de Impulso Onda Completa	kV				
Prueba de Impulso Onda Cortada	kV				
Tiempo Mínimo de Flameo	μ s				
Prueba de Transitorio de Maniobra	kV				
Potencial Inducido Nivel 1 hora/Nivel realce	kV				
Potencial Aplicado	kV				
12.	Desplazamiento angular:				
13.	Impedancias garantizadas (a tensión nominal, 75°C y con base en la capacidad indicada)				
	De Alta Tensión a Baja Tensión:				
	H - X:		%	Base:	kVA
	De Alta Tensión a Terciario:				
	H - Y:		%	Base:	kVA
	De Baja Tensión a Terciario:				
	X - Y:		%	Base:	kVA

CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO Y FABRICACIÓN

14.	Cambiador de derivaciones bajo carga (sí o no):					
	No. total de posiciones:					
	Porcentaje de variación:					
	Deriv. Máxima	kV	Deriv. Media	kV	Deriv. Mínima	kV
15.	Bridas para el acoplamiento del bus de fase aislada (sí o no):					
16.	Cámara de acero blindadas (sí o no):					
17.	Tensión de alimentación del equipo auxiliar del transformador:					
	VCD			VCA		
18.	Tensión de alimentación de los motores:					
	VCA					
19.	Resistencias calefactoras de los gabinetes de control					
	Con tensión de:			VCA		
	Y potencia de:					
20.	Se requiere operación en paralelo (sí o no):					
	Que implica:					
21.	El ensamble de la tapa del tanque debe ser soldada (sí o no):					
22.	Calibre mínimo de los conectores de puesta a tierra del tanque:					
23.	El sistema de conservación de aceite debe ser del tipo:					

CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO Y FABRICACIÓN

24.	se requiere que las conexiones del devanado terciario salgan al exterior (sí o no):					
25.	localización del gabinete de control (en el segmento uno y otra localización):					
26.	aisladores pasatapas (bushing) de alta tensión, baja tensión, terciario y neutros:					
CARACTERÍSTICAS	UNIDAD	ALTA TENSIÓN		BAJA TENSIÓN		TERCIARIO
		LÍNEA	NEUTRO	LÍNEA	NEUTRO	
Tipo		Cond.	---	Cond.		---
Corriente Nominal	A					
Clase de Aislamiento	kV					
Nivel básico de aislamiento al impulso a 1,000 msnm.	kV					
Prueba de baja frecuencia en húmedo, 10 seg.	kV					
Prueba de baja frecuencia en seco, 1 minuto	kV					
Por transitorio de manobra en húmedo	kV					
Distancia Fuga a Tierra	mm					
Tensión máxima de sistema	kV					

CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO Y FABRICACIÓN

27.	Conectores de aisladores pasatapas (Bushing):				
CARACTERÍSTICAS	ALTA TENSIÓN		BAJA TENSIÓN		TERCIARIO
	LÍNEA	NEUTRO	LÍNEA	NEUTRO	
Cantidad	1	1	1		2
Tipo (Bimetálico, rec- to, expansión, etc.)					
Material y calibre del conductor que recibe el conector					
28.	Transformador de corriente tipo boquilla:				
Bushing	CANTIDAD	RELACIÓN MÚLTIPLE	RELACIÓN ÚNICA	PRECISIÓN	
H1					
X1					
Ho, Xo					
Y1					
Y2					
29.	Se deben suministrar pararrayos (sí o no):				
	En caso de suministrarse deben cumplir con las siguientes características:				
	Cantidad de pararrayos por transformador:				
	Tensión de designación:		kV		
	Frecuencia:		Hz		
	Distancia de fuga a tierra:		Cm		
	Tensión de descarga máxima a la corriente de impulso de 8 x 20 µs:				
	40 kA:		kV/cresta		
	20 kA:		kV/cresta		
	10 kA:		kV/cresta		
	5 kA:		kV/cresta		
	Ménsula para pararrayos (sí o no):				

ACCESORIOS ESPECIALES

30.	Detectores de temperatura (sí o no):	
31.	Ruedas (sí o no):	

PARTES DE REPUESTO

32.	Partes de repuesto adicionales requeridas:

PRUEBAS EN FÁBRICA

		SE REQUIERE	NO SE REQUIERE	
33.	Pruebas de rutina:			
34.	Pruebas prototipo			
35.	Supervisión de pruebas en fábrica			
36.	Certificación de pruebas en fábrica			
37.	Pruebas especiales:			

4.7 Especificaciones técnicas particulares para bancos de capacitores

INSTITUTO NACIONAL DE ELECTRIFICACIÓN
EMPRESA DE TRANSPORTE Y CONTROL DE ENERGÍA ELÉCTRICA

HOJA 1 DE 3

“Nombre del proyecto”

ESPECIFICACIONES GENERALES

“Breve descripción del equipo solicitado”

PARÁMETROS PARA EL DISEÑO DE LOS EQUIPOS

Velocidad de viento:		Km/h
Aceleración sísmica:		m/s ²
Altura de operación:		msnm
Condiciones especiales de servicio:		
• Nivel de contaminación:		
• Ambiente sujeto a corrosión severa:	Si	No

GARANTÍAS DE FUNCIONAMIENTO

BANCO DE CAPACITORES				
1.	Cantidad de bancos de capacitores:			
2.	Configuración:			
3.	Cantidad de grupos serie por fase:			
4.	Cantidad de unidades por grupo serie:			
5.	Tipo de conexión:			
6.	Cantidad de celdas que conforman el banco:			
7.	Voltaje nominal del banco:			
8.	Potencia nominal del banco:			
9.	Se requiere el suministro de fusibles, portafusibles y accesorios de montaje del banco:			
10.	Se requiere el suministro de estructuras y aisladores de montaje del banco:			
UNIDADES CAPACITIVAS				
11.	Voltaje nominal:			
12.	Potencia nominal:			
13.	BIL			
14.	Capacitancia:			
15.	Número de aisladores pasatapas (Bushing):			
16.	Pérdida máxima por unidad:			
17.	Variación admisible en la temperatura ambiente:			
REACTOR LIMITADOR				
18.	Se requiere:	Si	No	
19.	Corriente nominal:	A		

GARANTÍAS DE FUNCIONAMIENTO

20.	Inductancia en mili henrios:	
21.	Norma de fabricación:	
22.	Capacidad térmica de corto circuito a 1 s.	
23.	Capacidad dinámica de corto circuito:	
GENERALES		
24.	Tipo de servicio:	
25.	Tipo de protección:	
26.	Aislamiento:	
27.	Tolerancia en % de la capacidad nominal:	
28.	Material del tanque:	

4.8 Especificaciones técnicas particulares para reactores

INSTITUTO NACIONAL DE ELECTRIFICACIÓN
EMPRESA DE TRANSPORTE Y CONTROL DE ENERGÍA ELÉCTRICA

HOJA 1 DE 5

“Nombre del proyecto”

ESPECIFICACIONES GENERALES

“Breve descripción del equipo solicitado”

PARÁMETROS PARA EL DISEÑO DE LOS EQUIPOS

Velocidad de viento:		Km/h
Aceleración sísmica:		m/s ²
Altura de operación:		msnm
Condiciones especiales de servicio:		
• Nivel de contaminación:		
• Ambiente sujeto a corrosión severa:	Si	No

GARANTÍAS DE FUNCIONAMIENTO

1.	Cantidad de reactores de neutro:		Pieza(s)
2.	Normas de diseño, fabricación y pruebas:		
3.	Tipo de servicio:		
4.	Conexión:		
5.	Tensión nominal:		kV
6.	Frecuencia nominal:		Hz
7.	Corriente nominal: (térmica a 10 segundos):		A
8.	Corriente a régimen continuo:		
9.	Capacidad nominal a 10 segundos:		kVAr
10.	Reactancia de característica lineal a tensión nominal:		Ω
11.	Clase de enfriamiento:		
12.	Tipo de núcleo:		
13.	Elevación máxima de temperatura para operación:		
	a) Promedio:		$^{\circ}\text{C}$
	b) Punto más caliente:		$^{\circ}\text{C}$
	c) Para corriente nominal térmica a 10 segundos:		
14.	Tolerancia máxima admisible en el valor de la reactancia especificada:		%

REQUISITOS ESPECÍFICOS DE AISLAMIENTO

15.	Devanado lado neutro		
	a) Tensión de aguante al impulso por rayo normalizado (valor cresta):		kV
	b) Tensión de aguante al impulso por rayo cortado normalizado (valor cresta):		kV
	c) Tiempo mínimo de flameo:		μs
	d) Tensión de aguante a 60 Hz, 60 s (valor eficaz):		kV
	e) Tensión inducida nivel de 1 hora (valor eficaz):		kV
16.	Devanado lado tierra		
	a) Tensión de aguante al impulso por rayo normalizado (valor cresta):		kV
	b) Tensión de aguante al impulso por rayo cortado normalizado (valor cresta):		kV
	c) Tiempo mínimo de flameo:		μs
	d) Tensión de aguante a 60 Hz, 60 s (valor eficaz):		kV
	e) Tensión inducida nivel de 1 hora (valor eficaz):		kV
17.	bushing lado neutro		
	a) Distancia de fuga mínima a tierra:		mm
	b) Tensión de aguante al impulso por rayo, onda completa (valor cresta):		kV
	c) Tensión de aguante a 60 Hz en seco 1 minuto (valor eficaz):		kV
	d) Tensión de aguante a 60 Hz en húmedo 10 segundos (valor eficaz):		kV

REQUISITOS ESPECÍFICOS DE AISLAMIENTO

18.	Bushing lado tierra		
	a) Distancia de fuga mínima a tierra, total:		mm
	b) Tensión de aguante al impulso por rayo, onda completa (valor cresta):		kV
	c) Tensión de aguante a 60 Hz en seco 1 minuto (valor eficaz):		kV
	d) Tensión de aguante a 60 Hz en húmedo 10 segundos (valor eficaz):		kV

ACCESORIOS REQUERIDOS

19.	Accesorios normales (de acuerdo con la Especificación CFE K0000-06):		
	a) Indicador de nivel de aceite		
	b) Termómetro de aceite		
	c) Dispositivo de alivio de presión		
	d) Válvulas de drenaje, muestreo, filtro y vacío		
	e) Placa de conexión a tierra del tanque		
	f) Tubería y sus accesorios		
	g) Alambrados de control y fuerza		
	h) Empaquetaduras		
	i) Placa de datos		
	j) Accesorios para maniobras, apoyo, deslizamiento y fijación		
	k) Gabinete de control		

ACCESORIOS REQUERIDOS

20.	Accesorios especiales (de acuerdo con la Especificación CFE K0000-06):		
21.	Conectores en las aisladores pasatapas (Bushing):		
	a) Lado neutro tipo:		
	b) Lado neutro calibre:		
	c) Lado tierra tipo:		
	d) Lado tierra calibre:		
22.	Conectores para puesta a tierra del tanque:		
23.	Ménsulas para colocación de pararrayos (sí/no):		
24.	Transformadores de corriente en los aisladores pasatapas (Bushing) (si/no):		
	a) En el lado de neutro:		
	b) En el lado de tierra:		
25.	Se requieren partes de repuesto (sí/no):		
	a) Cantidad de lotes (Ver Nota):		
26.	Tensión de alimentación para accesorios:		
	a) Corriente directa:		VCD
	b) Corriente alterna (3 fases-4 hilos):		VCA

4.9 Especificaciones técnicas particulares para protecciones

INSTITUTO NACIONAL DE ELECTRIFICACIÓN
EMPRESA DE TRANSPORTE Y CONTROL DE ENERGÍA ELÉCTRICA

HOJA 1 DE 2

“Nombre del proyecto”

ESPECIFICACIONES GENERALES

“Breve descripción del equipo solicitado”

PARÁMETROS PARA EL DISEÑO DE LOS EQUIPOS

Velocidad de viento:		Km/h
Aceleración sísmica:		m/s ²
Altura de operación:		msnm
Condiciones especiales de servicio:		
• Nivel de contaminación:		
• Ambiente sujeto a corrosión severa:	Si	No

GARANTÍAS DE FUNCIONAMIENTO

1.	Voltaje de alimentación:		V
2.	Voltaje nominal (entradas y salidas de señales digitales):		V
3.	Voltaje nominal:		V
4.	Voltaje nominal de entrada de transformadores de potencial:		V
5.	Corriente nominal:		A
6.	Voltaje del sistema a proteger:		V
7.	Tipo de protección:		
8.	Tipo de relevadores:		
9.	Cantidad de relevadores:		
10.	Cantidad de contactos de salida programables:		
11.	Cantidad de entradas optoaisladas programables:		
12.	Cantidad de puertos independientes:		
13.	Cantidad de zonas de protección a distancia:		
14.	Accesorio especial:	Sí:	No:

4.10 Especificaciones técnicas particulares para medidores

INSTITUTO NACIONAL DE ELECTRIFICACIÓN
EMPRESA DE TRANSPORTE Y CONTROL DE ENERGÍA ELÉCTRICA

HOJA 1 DE 2

“Nombre del proyecto”

ESPECIFICACIONES GENERALES

“Breve descripción del equipo solicitado”

PARÁMETROS PARA EL DISEÑO DE LOS EQUIPOS

Velocidad de viento:		km/h
Aceleración sísmica:		m/s ²
Altura de operación:		msnm
Condiciones especiales de servicio:		
• Nivel de contaminación:		
• Ambiente sujeto a corrosión severa:	Si	No

GARANTÍAS DE FUNCIONAMIENTO

1.	Cantidad de medidores:		
2.	Corriente nominal secundaria:		A
3.	Conexión:		
4.	Tensión de alimentación de la fuente auxiliar:		VCD
5.	Clase de exactitud:		
6.	Unidireccional / Bidireccional:		
7.	Memoria masiva:		
8.	Cantidad de variables a almacenar:		
	Intervalo de grabación		Tiempo mínimo de Grabación:
9.	Puerto óptico tipo 2:		
	Velocidad de comunicación:		
10.	Puerto serie RS-232 (Cantidad):		
	Velocidad de comunicación:		
11.	Puerto serie RS-485:		
	Velocidad de comunicación:		
12.	Interfaz para SCADA:		
	Protocolo de comunicación:		
13.	Memoria no volátil:		
14.	Reloj calendario con base en un cristal de cuarzo:		

5. ANÁLISIS DE PROYECTOS CONSIDERADOS EN LA AMPLIACIÓN DEL SISTEMA NACIONAL INTERCONECTADO DE ACUERDO A LA NORMATIVA

5.1 Descripción del proyecto

El proyecto consiste en la adquisición del equipo de potencia necesario para realizar la “ampliación de la subestación Guatemala Sur, con un campo de salida de línea en 230 KV para la operación de la línea de transmisión Guatemala Sur – Sololá – La Esperanza”, la cual también es denominada Centro – Occidente y actualmente se encuentra en la fase de diseño.

El alcance de suministro comprenderá lo siguiente:

- Un (1) interruptor de potencia.
- Dos (2) seccionadores de barra.
- Un (1) seccionador de línea con puesta a tierra.
- Tres (3) transformadores de corriente.
- Tres (3) transformadores de potencial tipo capacitivo.
- Dos (2) medidores multifuncionales.
- Tres (3) pararrayos de óxido de zinc.
- Un (1) tablero para protección, medición y control para la salida de línea.

La Figura 2 (Véase Anexo 1), muestra el diagrama unifilar de la subestación Guatemala Sur, en el cual se puede observar el lugar en el que se hará la ampliación Centro - Occidente.

5.2 Resultado del ensayo

El tablero para protección, medición y control para la salida de línea, se requerirá de acuerdo a la sección 5.9.5.9 de la norma técnica para protecciones, el demás equipo solicitado para la ampliación, se requerirá bajo las especificaciones técnicas particulares de cada uno de estos equipos, con los datos requeridos por la ETCEE-INDE, las cuales se muestran a continuación.

INSTITUTO NACIONAL DE ELECTRIFICACIÓN
EMPRESA DE TRANSPORTE Y CONTROL DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Especificaciones técnicas particulares para interruptores de potencia

HOJA 1 DE 3

“ampliación de la subestación Guatemala Sur, con un campo de salida de línea en 230 KV para la operación de la línea de transmisión Guatemala Sur – Sololá – La Esperanza”

ESPECIFICACIONES GENERALES

Un (1) Interruptor de potencia de apertura monopolar, medio de extinción del arco SF_6 , para para una salida de línea en 230 KV, corriente nominal 1,200 A, corriente nominal de interrupción de corto circuito 40 kA, tensión nominal de aguante al impulso por rayo 1050kV, 60 Hz, tensión de control y fuerza 125 VCD, tensión de calefacción 220 VCA. Distancia de fuga mínima a tierra: 6,125mm.

PARÁMETROS PARA EL DISEÑO DE LOS EQUIPOS

Velocidad de viento:	100	Km/h
Aceleración sísmica:	0.5 G horizontal y vertical	m/s ²
Altura de operación:	1500	Msnm
Condiciones especiales de servicio:	Sí	
<ul style="list-style-type: none"> • Nivel de contaminación: 	Alto	
<ul style="list-style-type: none"> • Ambiente sujeto a corrosión severa: 	Sí	No X

GARANTÍAS DE FUNCIONAMIENTO

1.	Cantidad de interruptores:	1	Pieza(s)
2.	Medio de extinción del arco:	SF6	
3.	Tensión de diseño del interruptor (valor eficaz):	230	kV
4.	Niveles nominales de aislamiento:		
	a) Tensión nominal de aguante de corta duración a 60 Hz (valor eficaz):		
	• De fase a tierra y entre fases:	490	kV
	• A través del interruptor abierto:	490	kV
	b) Tensión nominal de aguante al impulso por maniobra (valor cresta):		
	• De fase a tierra:	1050	kV
	• Entre fases:	1050	kV
	• A través del interruptor abierto:	1050	kV
	c) Tensión nominal de aguante al impulso por rayo (valor cresta):		
	• De fase a tierra y entre fases:	1050	kV
	• A través del interruptor abierto:	1050	kV
5.	Corriente nominal (valor eficaz):	1200	A
6.	Corriente nominal de interrupción de corto circuito (valor eficaz):	40	kA
7.	Corriente sostenida de corta duración (1s) (valor eficaz):	40	kA
8.	Distancia de fuga mínima a tierra:	6,125	mm
9.	Tensión de:		
	a) Control y relevadores, bobinas, señalización, etc.:	125	VCD
	b) Equipos auxiliares, motores, contactores, etc.:	125	VCD
	c) Resistencias calefactores:	220	VCA
10.	Número de mecanismos de operación:	Tres (3) uno por polo	

GARANTÍAS DE FUNCIONAMIENTO

11.	Número de bastidores soporte:	Tres (3) uno por polo	
12.	Distancia mínima entre fases (partes vivas):	3.0	m
13.	Altura aproximada de la cimentación o base:	2.0	m
14.	Descripción y tipo de conectores terminales:		
	NEMA 4, para conexión de dos conductores ACSR 477 MCM Hawk		
15.	Conectores para puesta a tierra:	Cobre AWG 4/0	
16.	Accesorios especiales (aplicable únicamente para interruptores de tanque muerto):		
	NO APLICA		
	Relación de transformación:	---	
	Número de devanados secundarios:	---	
	Carga y clase de exactitud:	---	
17.	Se deben suministrar resistencias de preinserción (sí o no):	NO SE REQUIERE	
	En caso de suministrarse deben cumplir con las siguientes características		
	a) Rango de la resistencia:	---	Ω
	b) No. de pasos de la resistencia:	---	
	c) Tiempo mínimo de preinserción:	---	ms
	d) Capacidad térmica:	---	Watts
18.	Se deben suministrar accesorios contra sismos:	NO	
	Sólo si se requieren para cumplir con la aceleración sísmica especificada.		
19.	Se requieren partes de repuesto (sí o no):	NO SE REQUIERE	
20.	Se requieren accesorios de llenado de SF6	SI SE REQUIERE	

INSTITUTO NACIONAL DE ELECTRIFICACIÓN
EMPRESA DE TRANSPORTE Y CONTROL DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Especificaciones técnicas particulares para seccionadores

HOJA 1 DE 3

“ampliación de la subestación Guatemala Sur, con un campo de salida de línea en 230 KV para la operación de la línea de transmisión Guatemala Sur – Sololá – La Esperanza”

ESPECIFICACIONES GENERALES

Suministro de dos (2) seccionadores de barra y un (1) seccionador de línea con puesta a tierra, para 1,200 amperios de corriente nominal, montaje horizontal, tipo apertura lateral central, voltaje de operación de 230 KV, mando motorizado.

PARÁMETROS PARA EL DISEÑO DE LOS EQUIPOS

Velocidad de viento:	100	km/h
Aceleración sísmica:	0.5 G horizontal y vertical	m/s ²
Altura de operación:	1500	msnm
Condiciones especiales de servicio:	Sí	
• Nivel de contaminación:	Alto	
• Ambiente sujeto a corrosión severa:	Si	No X

GARANTÍAS DE FUNCIONAMIENTO

1.	Cantidad de seccionadores tripolares:		
	a) Sin cuchillas y mecanismo de puesta a tierra:	2	Pieza(s)
	b) Con cuchillas y mecanismo de puesta a tierra:	1	Pieza(s)
	c) Total sin y con cuchillas y mecanismo de puesta a tierra:	3	Pieza(s)
2.	Tipo de construcción:		
	(Doble apertura lateral, Apertura vertical, Apertura Horizontal, Pantógrafo):	Doble apertura lateral central	
3.	Tipo de montaje (horizontal o vertical):	Horizontal	
4.	Tensión de diseño del seccionador (valor eficaz):	230	kV
5.	Niveles nominales de aislamiento		
	a) Tensión nominal de aguante de corta duración a 60 Hz (valor eficaz):		
	• De fase a tierra y entre fases:	490	kV
	• A través de la cuchilla abierta:	490	kV
	b) Tensión nominal de aguante al impulso por maniobra (valor cresta):		
	• De fase a tierra:	1050	kV
	• Entre fases:	1050	kV
	• A través de la cuchilla abierta:	1050	kV
	c) Tensión nominal de aguante al impulso por rayo (valor cresta):		
	• De fase a tierra y entre fases:	1050	kV
	• A través de la cuchilla abierta:	1050	kV
6.	Corriente nominal (valor eficaz):	1200	A
7.	Corriente de aguante de corta duración (1s)(valor eficaz):	31.5	kA
8.	Corriente de aguante de corta duración (1s)(valor cresta):	31.5	kA
9.	Distancia de fuga mínima a tierra:	6125	mm

GARANTÍAS DE FUNCIONAMIENTO

10.	Tensión de:		
	a) Control y señalización:	125	VCD
	b) Equipo eléctrico del mecanismo de operación:	125	VCD
	c) Resistencias calefactores:	220	VCA
11.	Número de mecanismos de operación:	Uno (1) por seccionador	
12.	Número de bastidores soporte:	Uno (1) por seccionador	
13.	Distancia mínima entre fases (entre partes vivas):	3.0	m
14.	Altura aproximada de la cimentación o base:	2.0	m
15.	Descripción y tipo de conectores terminales:		
	NEMA 4, para conexión de dos conductores ACSR 477 MCM Hawk		
16.	Conectores para puesta a tierra:	Cobre AWG 4/0	
17.	Motor eléctrico del mecanismo de operación:		
	a) Tensión nominal:	125	VCD
	b) Número de fases:	1	
	c) Frecuencia nominal:	60	Hz
18.	Gabinete común o maestro:	Común	
	a) De montaje independiente:	NO	
	b) Si está integrado al gabinete de una fase, instalar en la fase:	SI	
19.	Altura de montaje del gabinete sobre el nivel del piso:	1	m
20.	Características de la cuchilla de puesta a tierra:		
	a) Tensión de diseño (valor eficaz):	230	kV
	b) Corriente de aguante de corta duración (valor eficaz):	31.5	kA
	c) Tiempo de duración de la corriente de aguante de corta duración:	2	s
	d) Número de mecanismos de operación:	1	
21.	Se requieren partes de repuesto (sí o no)		
	NO SE REQUIERE		

INSTITUTO NACIONAL DE ELECTRIFICACIÓN
EMPRESA DE TRANSPORTE Y CONTROL DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Especificaciones técnicas particulares para transformadores de corriente

HOJA 1 DE 3

“ampliación de la subestación Guatemala Sur, con un campo de salida de línea en 230 KV para la operación de la línea de transmisión Guatemala Sur – Sololá – La Esperanza”

ESPECIFICACIONES GENERALES

Tres (3) transformadores de corriente de 230 KV, 1200/600:5:5:5.

PARÁMETROS PARA EL DISEÑO DE LOS EQUIPOS

Velocidad de viento:	100	Km/h
Aceleración sísmica:	0.5 G horizontal y vertical	m/s ²
Altura de operación:	1500	msnm
Condiciones especiales de servicio:	Sí	
• Nivel de contaminación:	Alto	
• Ambiente sujeto a corrosión severa:	Si	No
		X

GARANTÍAS DE FUNCIONAMIENTO

1.	Cantidad de transformadores de corriente:	3	Pieza(s)
2.	Número de devanados:		
	a) Primarios:	2	
	b) Secundarios (núcleos):		
	• Para medición:	1	
	• Para protección:	2	
3.	Clase de exactitud y carga:		
	a) Para medición:	0.3	
	b) Para protección:	C-200	
4.	Corriente nominal devanado primario:		
	a) Relación múltiple (valor eficaz):	---	A
	b) Doble relación (conexión serie-paralelo) (valor eficaz):	1200/600	A
5.	Corriente térmica de corto circuito (1s)	31.5	kA
6.	Corriente dinámica de corto circuito (valor cresta):	60	kA
7.	Factor de capacidad térmica de la corriente nominal:	1.2	
8.	Relación de transformación:	1200/600:5:5:5	
9.	Tensión nominal del sistema (valor eficaz):	230 fase – fase	kV
10.	Tensión de diseño del t.c. (valor eficaz):	132.7	kV
11.	Distancia de fuga mínima a tierra:	6,125	mm
12.	Altura aproximada de la cimentación o base:	2	m
13.	Descripción y tipo de conectores terminales:		
	NEMA 4, para conexión de dos conductores ACSR 477 MCM Hawk		

GARANTÍAS DE FUNCIONAMIENTO

14.	Conectores para puesta a tierra:	Cobre AWG 4/0	
15.	Valores de pruebas dieléctricas:		
	AISLAMIENTO EXTERNO		
	a) Tensión al impulso, onda completa (valor cresta):	1050	kV
	b) Potencial aplicado a 60 Hz durante 1 minuto (valor eficaz):	490	kV
	AISLAMIENTO INTERNO		
	Devanado primario		
	a) Tensión al impulso, onda completa (valor cresta):	1050	kV
	b) Potencial aplicado a 60 Hz durante 1 minuto (valor eficaz):	460	kV
	Devanado secundario		
	a) Potencial aplicado a 60 Hz durante 1 minuto (valor eficaz):	3	kV

INSTITUTO NACIONAL DE ELECTRIFICACIÓN
EMPRESA DE TRANSPORTE Y CONTROL DE ENERGÍA ELÉCTRICA

**Especificaciones técnicas particulares de transformadores de potencial
(inductivo o capacitivo)**

HOJA 1 DE 3

“ampliación de la subestación Guatemala Sur, con un campo de salida de línea en 230 KV para la operación de la línea de transmisión Guatemala Sur – Sololá – La Esperanza”

ESPECIFICACIONES GENERALES

Tres (3) transformadores de potencial capacitivo, monofasico, con una tensión de diseño de 230 KV, 60 Hz, clase de exactitud 0.3.

PARÁMETROS PARA EL DISEÑO DE LOS EQUIPOS

Velocidad de viento:	100	Km/h
Aceleración sísmica:	0.5 G horizontal y vertical	m/s ²
Altura de operación:	1500	msnm
Condiciones especiales de servicio:	Sí	
<ul style="list-style-type: none"> • Nivel de contaminación: 	Alto	
<ul style="list-style-type: none"> • Ambiente sujeto a corrosión severa: 	Si	No X

GARANTÍAS DE FUNCIONAMIENTO

1.	Cantidad de transformadores de potencial:	3	Pieza(s)
2.	Tipo de transformador de potencial:	CAPACITIVO	
3.	Servicio:	INTEMPERIE	
4.	Número de fases:	(1) UNA	
5.	Número de devanados:		
	a) Primarios:	1	
	b) Secundarios:	1	
6.	Relación de transformación:	$230,000/\sqrt{3} / 120/\sqrt{3}$	
7.	Tensión nominal del sistema (valor eficaz):	230 fase – fase	kV
8.	Tensión de diseño del t.p.(valor eficaz):	245	kV
9.	Tensiones nominales de los devanados (valor eficaz):		
	Para los devanados primarios.		
	a) Tensión del primario, de fase a tierra y entre fases:	132.79	V
	b) Conexión:	Estrella – solidamente aterrizado	
	Para los devanados secundarios.		
	a) Tensión del Devanado “X”:	$120/\sqrt{3}$	V
	b) Tensión del Devanado “Y”:	$120/\sqrt{3}$	V
10.	Clase de exactitud y carga:		
	a) Devanado “X”:	0.3	
	b) Devanado “Y”:	0.3	
	c) Otro devanado:	0.3	
	d) Carga total simultánea en los devanados secundarios:	W, X, Y, Z, ZZ	
11.	Capacidad térmica:	300	VA
12.	Distancia de fuga mínima a tierra:	6125	mm
13.	Altura aproximada de la cimentación o base:	2	m

GARANTÍAS DE FUNCIONAMIENTO

14.	Descripción y tipo de conectores terminales:		
	NEMA 4, para conexión de dos conductores ACSR 477 MCM Hawk		
15.	Conectores para puesta a tierra:		
	Cobre AWG 4/0		
16.	Niveles nominales de aislamiento (interno y externo)		
	Devanado primario		
	a) Tensión nominal de aguante a 60 Hz (valor eficaz):	490	kV
	b) Tensión nominal de aguante al impulso por maniobra (valor cresta):	490	kV
	c) Tensión nominal de aguante al impulso por rayo (valor cresta):	490	kV
	Devanado secundario		
	a) Tensión nominal de aguante a 60 Hz (valor eficaz):	240	V
	Factor de sobretensión:	1.20	%

CARACTERÍSTICAS PARA COMUNICACIÓN EN CVT

17.	Capacitancia:	5000	pF
18.	Suministro de bases aislantes:	SE REQUIERE	
19.	Conexión para RF de Terminal de Onda Portadora:	SE REQUIERE	
20.	Cuchilla para puesta a tierra de señal RF, sin cortocircuitar los secundarios de medición	SE REQUIERE	

INSTITUTO NACIONAL DE ELECTRIFICACIÓN
EMPRESA DE TRANSPORTE Y CONTROL DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Especificaciones técnicas particulares para medidores

HOJA 1 DE 2

“ampliación de la subestación Guatemala Sur, con un campo de salida de línea en 230 KV para la operación de la línea de transmisión Guatemala Sur – Sololá – La Esperanza”

ESPECIFICACIONES GENERALES

Dos (2) medidores multifuncionales para la realización de medición de calidad de energía, medición técnica y de facturación, los cuales deberán estar integrados en el tablero de PCYM

PARÁMETROS PARA EL DISEÑO DE LOS EQUIPOS

Velocidad de viento:	100	km/h	
Aceleración sísmica:	0.5 G horizontal y vertical	m/s ²	
Altura de operación:	1500	msnm	
Condiciones especiales de servicio:	Sí		
• Nivel de contaminación:	Alto		
• Ambiente sujeto a corrosión severa:	Si	No	X

GARANTÍAS DE FUNCIONAMIENTO

1.	Cantidad de medidores:	2	
2.	Corriente nominal secundaria:	5	A
3.	Conexión:	Tres (3) elementos, solidamente aterrizados	
4.	Tensión de alimentación de la fuente auxiliar:	125	VCD
5.	Clase de exactitud:	0.2	
6.	Unidireccional / Bidireccional:	BIDIRECCIONAL	
7.	Memoria masiva:	SE REQUIERE	
8.	Cantidad de variables a almacenar:	30 CANALES	
	Intervalo de grabación	15 minutos	Tiempo mínimo de Grabación: 70 días
9.	Puerto óptico tipo 2:	SE REQUIERE	
	Velocidad de comunicación:	PROGRAMABLE	
10.	Puerto serie RS-232 (Cantidad):	Dos (2)	
	Velocidad de comunicación:	PROGRAMABLE	
11.	Puerto serie RS-485:	SE REQUIERE	
	Velocidad de comunicación:	PROGRAMABLE	
12.	Interfaz para SCADA:	PUERTO RS – 485 O RS - 232	
	Protocolo de comunicación:	DNP 3.0	
13.	Memoria no volátil:	SE REQUIERE	
14.	Reloj calendario con base en un cristal de cuarzo:	SE REQUIERE	

INSTITUTO NACIONAL DE ELECTRIFICACIÓN
EMPRESA DE TRANSPORTE Y CONTROL DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Especificaciones técnicas particulares para pararrayos

HOJA 1 DE 2

“ampliación de la subestación Guatemala Sur, con un campo de salida de línea en 230 KV para la operación de la línea de transmisión Guatemala Sur – Sololá – La Esperanza”

ESPECIFICACIONES GENERALES

Tres (3) pararrayos de óxido de zinc, de 230 KV, aislamiento externo polimérico.

PARÁMETROS PARA EL DISEÑO DE LOS EQUIPOS

Velocidad de viento:	100	Km/h		
Aceleración sísmica:	0.5 G Horizontal y vertical	m/s ²		
Altura de operación:	1500	msnm		
Condiciones especiales de servicio:	Sí			
• Nivel de contaminación:	Alto			
• Ambiente sujeto a corrosión severa:	Si	No	X	

GARANTÍAS DE FUNCIONAMIENTO

1.	Cantidad de pararrayos de óxido metálico	3	Pieza(s)
2.	Tipo de pararrayos	Oxido de Zinc	
3.	Tensión nominal del pararrayos (valor eficaz):	230	kV
4.	Tensión de operación continua (valor eficaz):	158	kV
5.	Clase:	3	
6.	Capacidad mínima de disipación de la energía:	7.8	kJ/Kv
7.	Tipo de aislamiento externo:	Goma de silicona	
8.	Distancia de fuga mínima a tierra:	6,125	mm
9.	Accesorios requeridos:		
	a) Base aislante:	Si	X No
	b) Contador de descargas con medición de corriente de fuga en mA:	Si	X No
	c) Contador de descargas convencionales:	Si	X No
	d) Anillos equipotenciales:	Si	X No
10.	Descripción y tipo de conectores terminales:		
	Bimetálico recto para recibir dos conductores por fase ACSR 477, separados 20 cm.		
11.	Conectores para puesta a tierra:	Para recibir un cable de cobre calibre hasta 250 kCM.	

CONCLUSIONES

1. Mediante la implementación de las normas técnicas y sus respectivas especificaciones técnicas particulares para los equipos de potencia, protección y medición, la ETCEE-INDE garantiza la estandarización y normalización en la adquisición de dicho equipo, para la ampliación de subestaciones, nuevas subestaciones u otras instalaciones que pretendan interconectarse a la red de la ETCEE-INDE.
2. Con la estandarización y normalización de los equipos la ETCEE-INDE proporcionará un mejor servicio de transporte de energía eléctrica de alta calidad, de acuerdo a los estándares nacionales e internacionales de servicio eléctrico.
3. Las normas técnicas para equipo de potencia, medición y protección especifican el alcance de la norma, las normas IEC y/o ANSI que aplican a cada equipo, las condiciones normales de servicio, las características generales y de fabricación, entre otros.
4. Después de realizar el ensayo de adquisición del equipo de potencia necesario para realizar la “ampliación Centro-Occidente”, se determinó que las normas técnicas y las especificaciones técnicas particulares cumplen con las características requeridas para la adquisición del equipo apropiado.
5. Los equipos de potencia, medición y protección deben cumplir con las características generales mínimas para operar de forma apropiada en el SNI.

RECOMENDACIONES

1. La ETCEE-INDE debe garantizar que los equipos de potencia, comunicación, medición y protección cumplan con las características generales mínimas para operar de forma apropiada en el SNI.
2. La ETCEE-INDE debe verificar periódicamente las normas técnicas y las especificaciones técnicas particulares, para que cumplan con los estándares nacionales e internacionales de servicio eléctrico.
3. Se debe revisar la versión vigente de cada norma internacional a la fecha de la convocatoria para el concurso o licitación, para determinar si las normas técnicas y especificaciones técnicas particulares de la ETCEE-INDE cumplen con los estándares requeridos, de lo contrario se deben incluir anexos y/o addenda, para mantener la vigencia de cada norma y/o especificación.

BIBLIOGRAFÍA

1. ABB Electric Systems Technology Institute. **Electrical Transmisión and Distribution Referente Book**. Fifth edition. United States of America: ABB Power T&D Company Inc., 2204.
2. The Electric Power Series. **Electric Power Transformer Engineering**. United States of America: CRC Press LLC, 2004.
3. Raul Martín. **Diseño de Subestaciones Eléctricas**. Primera edición. México: McGraw Hill.
4. McDonald, John D. “Substations”, **The Electric Power Engineering Handbook**. United States of America: CRC Press LLC, 2001.
5. Decreto No. 93-96. **Ley General de Electricidad**.
6. Acuerdo Gubernativo Número 256-97. **Reglamento de la Ley General de Electricidad República de Guatemala**.
7. Acuerdo Gubernativo Número 299-98. **Reglamento del Administrador del Mercado Mayorista**.
8. **Reglamento de Compras, Contrataciones y Enajenaciones del INDE**. mayo de 2005.

APÉNDICE 1

SISTEMA NACIONAL INTERCONECTADO INFRAESTRUCTURA DE TRANSMISIÓN

Tabla I – Líneas de 230 kV

No.	Línea	No.	Línea
1	Puerto Quetzal Power – Escuintla 2	18	Guatemala Norte – Guatemala Oeste
2	Carbonera – Escuintla 2	19	Guatemala Sur – Guatemala Oeste
3	Sidegua – Escuintla 2	20	Guatemala Este – Guatemala Sur
4	Tampa – Escuintla 2	21	Escuintla 1 – Guatemala Sur
5	Escuintla 1 – Escuintla 2	22	La Esperanza – Solola
6	Escuintla 2 – San Joaquín	23	Solola – Chimaltenango
7	San Joaquín – Aguacapa	24	Solola – Cocales
8	San Joaquín – Duke	25	Chimaltenango – Guate Sur
9	Escuintla 1 – Los Brillantes	26	Guatemala Norte – Sanarate – El Rancho - La Cruz – Panaluya
10	Los Brillantes – La Esperanza	27	Panaluya – Puerto Barrios
11	La Esperanza – Huehuetenango	28	Panaluya – Chulac
12	Huehuetenango – Serchil	29	Chulac – Tactic
13	Serchil – Xalalá	30	Panaluya – Moyuta
14	Xalalá – Cobán (Chixoy)	31	Guate Este – Aguachapan
15	Chixoy – Tactic	32	Guate Este – Aguacapa
16	Tactic- Guatemala Norte	33	Panaluya - Honduras
17	Guatemala Norte – Guatemala Este		

Tabla II – Líneas de 138 kV

No.	Línea	No.	Línea
1	Escuintla 1 – Chiquimulilla	13	Cobán – San Julián
2	Chiquimulilla – Moyuta	14	San Julián – Tactic
3	Moyuta – El Progreso, Jutiapa	15	Río Grande – Shoropin
4	El Progreso, Jutiapa – Ipala	16	Shoropin – Zacapa
5	Ipala – Río Grande	17	Zacapa – Panaluya
6	Río Grande – Zacapa	18	Panaluya – Mayuelas
7	Mayuelas – Morales	19	Guatemala Sur – Calderas
8	Morales – Río Dulce	20	Calderas – Jurún Marinalá
9	Río Dulce – Poptun	21	Jurún Marinalá – Escuintla 1
10	Poptun – Santa Elena	22	Jurún Marinalá – Palin 2
11	Santa Elena – Chisec	23	Palin 2 – Guatemala Sur
12	Chisec – Cobán	24	Guatemala Sur – Jurún Marinalá

Tabla III – Líneas de 69 kV

No.	Línea	No.	Línea
1	Soloma – Jacaltenango	45	El Rancho – Sanarate
2	La Esperanza – Quetzaltenango	46	Sanarate – Jalapa
3	La Esperanza – Totonicapán	47	Jalapa – San Rafael las Flores
4	La Esperanza – Solola	48	Sanarate – Guatemala Norte
5	Solola – Quiché	49	Panaluya – Mayuelas
6	Quiché – Zacualpa	50	Mayuelas – Morales
7	Quiché – Sacapulas	51	Morales – Río Bobos
8	Sacapulas – Chapul	52	Morales – Puerto Barrios (Genor, Zolic)
9	Sacapulas – Chicaman	53	Morales – Río Dulce
10	Chicaman – Tactic	54	Río Dulce - Poptún
11	Solola – Chimaltenango	55	Poptún – Santa Elena
12	Solola – Cocales	56	Santa Elena – Chisec
13	Cocales – La Noria	57	Chisec – Fray Bartolomé
14	Chimaltenango – Guatemala Sur	58	Fray Bartolomé – Poptún
15	La Esperanza – San Marcos	59	Chisec – Cobán
16	San Marcos – Tejuela	60	Cobán – San Julián
17	Tejuela – Tacaná	61	San Julián – Tactic
18	San Marcos – Malacatán	62	San Julián – Renace
19	Malacatán – El Porvenir	63	San Julián – Secacao
20	Malacatán – Meléndrez	64	Secacao – El Estor
21	Meléndrez – Coatepeque	65	El Estor – Río Dulce
22	San Marcos – Coatepeque	66	Tactic – Matanzas
23	Coatepeque – Los Brillantes	67	Matanzas – Santa Elena
24	La Esperanza – Pologua	68	Santa Elena – Salamá
25	Pologua – Huehuetenango	69	Salamá – Rabinal
26	Huehuetenango – Ixtahuacan	70	Santa Elena – Sanarate
27	Huehuetenango – San Juan Ixcoy (Soloma)	71	Chisec – Playa Grande
28	Soloma – Barillas	72	Playa Grande – Barillas
29	Guatemala Sur – Antigua	73	La Máquina – Mazatenango
30	Guatemala Sur – La Vega	74	Mazatenango – Cocales
31	La Vega – Los Esclavos	75	Cocales – Pantaleón
32	La Vega – Pastoria	76	Pantaleón – Jocote
33	Los Esclavos – El Progreso, Jutiapa	77	Jocote – Escuintla 1
34	Progreso, Jutiapa – El Jicaro	78	Tululá – Los Brillantes
35	Progreso, Jutiapa – Asunción Mita	79	Los Brillantes – San Sebastián
36	Progreso, Jutiapa – Ipala	80	San Sebastián – Reu
37	Ipala – Río Grande	81	Los Brillantes – San Felipe
38	Río Grande – Quezaltepeque	82	Los Brillantes – Champerico
39	Río Grande – Shoropin	83	Los Brillantes – IRTRA
40	Shoropin – La Fragua	84	San Felipe – Santa Maria
41	La Fragua – Panaluya	85	Santa Maria – Zunil
42	Panaluya – Santa Cruz	86	Zunil – La Esperanza
43	Santa Cruz – Pasabién	87	Santa Maria – Canadá
44	Santa Cruz – El Rancho	88	Mazatenango - Tululá

Tabla IV - Subestaciones del área central

Nombre	Ubicación	Configuración	Tipo	Relación de Transformación en (kV)	Voltaje de Barras en (kV)	Relación de Transformación en (MVA)
Escuintla 1	Escuintla	Doble barra + Acople en 230 kV Doble barra + Acople + Barra de Transferencia en 69 kW Barra Sencilla en 138 kV	Tipo	230/69, 230/138, 230/13.8, 230/13.8	230, 138, 69, 13.8	70/100, 3x50, 75, 32/60
Escuintla 2	Escuintla	Barra sencilla + Barra de Transferencia en 230 kV	Mixta	230	230	
Guatemala Este	Sta. Catarina Pinula	Doble Barra + Acople	Mixta	230/69	230, 69	3x65
Guatemala Norte	Guatemala	Doble Barra + Acople en 230 kV Doble Barra + Acople en 69 kV	Mixta	230/69	230, 69	2 de 3x50 en 230 100, 3x50 en 69
Guatemala Sur	Villa Nueva	Doble Barra + acople en 230 kV 2 Barras Sencilas + Acople en 138 kV	Mixta	230/69, 69/138	23, 138, 69	100, 3x50, 2 de 3x25

Tabla V - Subestaciones del área Oriental

Nombre	Ubicación	Configuración	Tipo	Relación de Transformación en (kV)	Voltaje de Barras en (kV)	Relación de Transformación en (MVA)
Chiquimulilla	Chiquimulilla	Barra Sencilla + By Pass en 13.8 kV, Barra Sencilla en 138 kV	Variadora de Tensión	138/13.8	138, 13.8	20/28
El Progreso, Jutiapa	El Progreso, Jutiapa	Barra Sencilla + By Pass en 69 kV y 13.8 kV, Barra Sencilla en 138 kV	Variadora de Tensión	138/69, 143/13.8	138, 69, 13.8	21/30, 28.7/41
Ipala	Ipala	Barra Sencilla + By Pass en 13.8 kV, Barra Sencilla en 138 kV	Variadora de Tensión	138/13.8	138, 13.8	10/14,
Cobán	Cobán	Barra Sencilla + By Pass	Variadora de Tensión	69/34.5, 69/13.8	69, 34.5, 13.8	5/7, 10/14
El Jicaró	Yupiltepeque	Barra Sencilla + By Pass en 13.8 kV, Barra Sencilla en 69 kV	Variadora de Tensión	69/13.8	69, 13.8	5/7,
Los Esclavos	Cuilapa	Barra Sencilla + By Pass en 69 kV y 13.8 kV, Barra Sencilla en 6.9 kV	Variadora de Tensión	69/13.8, 69/6.9	69, 13.8, 6.9	10
La Ruidosa	Morales	Barra Sencilla + By Pass	Variadora de Tensión	69/34.5	69, 34.5	10/14,
Panaluya	Río Hondo	Barra Sencilla + By Pass en 34.5 kV y 69 kV, Barra Sencilla en 13.8 kV	Variadora de Tensión	69/34.5, 69/13.8	69, 34.5, 13.8	2 de 20/28
Puerto Barrios	Puerto Barrios	Barra Sencilla + By Pass	Mixta	2 de 69/13.8	69, 13.8	12/18, 20/28
Quetzaltepeque	Quetzaltepeque	Barra Sencilla + By Pass en 13.8 kV y 34.5 kV, Barra Sencilla en 69 kV	Mixta	69/34.5, 69/13.8	69, 34.5, 13.8	2.5, 20/28
San Julián	Tactic	Barra Sencilla + By Pass en 69 kV, Barra Sencilla + Transferencia en 13.8 kV	Variadora de Tensión	69/13.8	69, 13.8	5/7,
Sanarate	Sanarate	Barra Sencilla + By Pass	Variadora de Tensión	69/34.5, 69/13.8	69, 34.5, 13.8	5/7, 5/6.25

Santa Elena	Salamá	Barra Sencilla + By Pass en 69 kV, Barra Sencilla + Transferencia en 13.8 kV	Mixta	69/13.8	69, 13.8	3.5
Shoropín	Chiquimula	Barra Sencilla + By Pass en 34.5 kV, Barra Sencilla en 69 kV	Variadora de Tensión	69/34.5	69, 34.5	10/14,
Salamá	Salamá	Barra Sencilla + By Pass	Variadora de Tensión	69/13.8	69, 13.8	10/14,
La Pastoría	Barberena	Barra Sencilla + By Pass	Variadora de Tensión	69/13.8	69, 13.8	10/14,
Jurún Marinalá	Escuintla	Barra Sencilla	Variadora de Tensión	138	138	
Río Grande	Quezaltepeque	Barra Sencilla + By Pass en 69 kV, Barra Sencilla en 138 kV	Variadora de Tensión	138/69	138, 69	30/42
La Fragua	Zacapa	Barra Sencilla + By Pass	Variadora de Tensión	69/13.8	69, 13.8	5/6.25
El Rancho	El Progreso	Barra Sencilla	Variadora de Tensión	69/34.5, 69/13.8	69, 34.5, 13.8	10/14, 5/6.25
Mayuelas	Río Hondo	Barra Sencilla	Variadora de Tensión	69/34.5, 69/13.8	69, 34.5, 13.8	10/14, 5/7
Playa Grande	Cobán	Barra Sencilla	Variadora de Tensión	69/34.5	69, 34.5	10/14,
Tactic	Tactic	Barra Sencilla en 69 kV, Doble Barra + Acople en 230 kV	mixta	230/69	230, 69	3x50
Río Dulce	Río Dulce	Barra Sencilla	Variadora de Tensión	69/34.5	69, 34.5	10/14,
Aguacapa	Taxisco, Pueblo Nuevo Viñas	4 Barras Sencillas en 10 kV, Barra Sencilla + Transferencia + Acople en 230 kV	Mixta	4 de 245/10	230, 10	3 de 22.5/37.5, 10
Palín 2	Palín	Barra Sencilla	Variadora de Tensión		138	
Chixoy	Cobán	Doble Barra + Acople + By Pass	Mixta	5 de 13.8/230	230	54.1/67.63

La Vega	Barberena	Barra Sencilla + By Pass	Maniobra	69/13.8	69, 13.8	5
Moyuta (Jalpatagua)	Moyuta	Barra Sencilla	Variadora de Tensión	138/13.8	138, 13.8	10/14,
San Rafael	Mataquescuintla	Barra Sencilla	Variadora de Tensión	69/13.8	69, 13.8	10/14,
Santa Cruz	Usumatlán	Barra Sencilla	Maniobra		69	
Chisec	Chisec	Barra Sencilla	Variadora de Tensión	69/34.5	69, 34.5	10/14,
Fray Bartolomé	Santa María Cahabón	Barra Sencilla	Variadora de Tensión	69/13.8		10/14,
Poptún	Poptún	Barra Sencilla	Variadora de Tensión	69/34.5	69, 34.5	10/14,
El Estor	El Estor	Barra Sencilla	Variadora de Tensión	69/34.5	69, 34.5	10/14,
Jalapa	Jalapa	Barra Sencilla	Variadora de Tensión	69/34.5	69, 34.5	10/14,

Tabla VI - Subestaciones del área Occidental

Nombre	Ubicación	Configuración	Tipo	Relación de Transformación en (kV)	Voltaje de Barras en (kV)	Relación de Transformación en (MVA)
Los Brillantes	Mulúa	Barra Sencilla + Barra Transferencia	Mixta	230/69/13.8	230, 69, 13.8	3x35/50
Chimaltenango	Chimaltenango	Barra Sencilla	Variadora de Tensión	2 de 69/34.5	69, 34.5	20/28, 5/7
Coatepeque	Coatepeque	Barra Sencilla	Variadora de Tensión	69/13.8	69, 13.8	20/28 ,
Cocales	Patulul	Barra Sencilla + By Pass en 69 kV y 34.5 kV, Barra Sencilla + Transferencia en 13.8 kV	Mixta	69/13.2, 69/34.5	69, 34.5, 13.8	5/7, 5/7
Huehuetenango	Huehuetenango	Barra Sencilla + By Pass en 69 kV y 34.5 kV, Barra Sencilla + Transferencia en 13.8 kV	Mixta	69/13.8, 69/34.5	69, 34.5, 13.8	12/22, 120/28
La Esperanza	La Esperanza	Barra Sencilla + By Passen 69 kV y 34.5 kV, 2 Barras Sencillas + Transferencia en 13.8 kV, Barra Sencilla + By Pass en 13.8 kV, Barra Sencilla en 230 kV	Mixta	69/34.5, 69/13.8, 230/39/13.8	230, 69, 34.5, 13.8	20/28, 30/40/50, 3x35/50
La Noria, Tiquisate	Tiquisate	Barra Sencilla + By Pass	Variadora de Tensión	69/13.8	69, 13.8	10/14,
Malacatán	Malacatán	Barra Sencilla + By Pass	Variadora de Tensión	69/13.8	69, 13.8	10/14,
Mazatenango	Mazatenango	Barra Sencilla + By Pass	Mixta	69/13.8	69, 13.8	20/28

Meléndrez	Tecpun Uman	Barra Sencilla + By Pass en 69 kV y 13.8 kV	Variadora de Tensión	69/13.8	69, 13.8	10/14,
Pologua	Pologua	Barra Sencilla + By Pass en 69 kV y 13.8 kV	Variadora de Tensión	69/13.8	69, 13.8	10/14,
Xela	Quetzaltenango	Barra Sencilla + By Pass en 69 kV y 13.8 kV	Variadora de Tensión	69/13.8	69, 13.8	10/14,
Quiché	Santa Cruz	Barra Sencilla + By Pass en 69 kV y 13.8 kV	Variadora de Tensión	69/13.8	69, 13.8	10/14,
Retalhuleu	Retalhuleu	Barra Sencilla + By Pass	Variadora de Tensión	39/13.8, 69/2.4	69, 13.8, 2.3	5/7, 3
San Marcos	San Marcos	Barra Sencilla + By Pass en 69 kV, Barra Sencilla en 13.8 kV	Variadora de Tensión	69/13.8	69, 13.8	10/14,
San Sebastián	San Sebastián, Reu.	Barra Sencilla + By Pass en 69 kV, Barra Sencilla + Transferencia en 13.8 kV	Mixta	69/13.8	69, 13.8	20/28
Santa María	Santa María, Quetz.	Barra Sencilla + By Pass en 13.8 kV y 69 kV, Barra Sencilla en 2.4 kV	Mixta	69/14.43, 69/2.4	69, 13.8, 2.3	1.5/2.5, 10/14
Sololá	Sololá	Barra Sencilla + By Pass	Variadora de Tensión	69/34.5	69, 34.5	20/28
Totonicapán	Totonicapán	Barra Sencilla + By Pass	Variadora de Tensión	69/13.8	69, 13.8	10/14 ,
San Felipe	San Felipe, Reu.	Barra Sencilla + By Pass en 2.3 kV, Barra Sencilla en 69 kV	Variadora de Tensión	69/2.3	69, 2.3	3.75
Zaculapa	Zaculapa	Barra Sencilla	Variadora de Tensión	69/13.8	69, 13.8	10/14,
Ixtahuacán	San Idelfonso Ixtahuacán	Barra Sencilla	Variadora de Tensión	69/13.8	69, 13.8	10/14,
Soloma (San Juan Ixcov)	San Pedro Soloma	Barra Sencilla	Maniobra	69/13.8	69, 13.8	10/14,

Tejutla	Tejutla	Barra Sencilla	Variadora de Tensión	69/13.8	69, 13.8	10/14,
Tacaná	Tacaná	Barra Sencilla	Variadora de Tensión	69/13.8	69, 13.8	10/14,
La Máquina	Cuyotenango	Barra Sencilla	Variadora de Tensión	69/13.8	69, 13.8	10/14,
Champerico	Champerico	Barra Sencilla	Variadora de Tensión	69/13.8	69, 13.8	10/14,
Barillas	Santa Cruz Barillas	Barra Sencilla	Variadora de Tensión	69/13.8	69, 13.8	10/14,
Jacaltenango	Jacaltenango	Barra Sencilla	Variadora de Tensión	69/13.8	69, 13.8	10/14,
Zunil	Zunil	Barra Sencilla en 13.2 kV, Barra Sencilla + Transferencia + Acople en 69 kV	Mixta	69/13.2	69, 13.8	30/33.5
Canadá	Santo Tomás, La Unión	Barra Sencilla	Variadora de Tensión	69/13.8	69, 13.8	20/26.6
Tululá	Cuyotenango	Barra Sencilla + By Pass en 69 kV, Barra Sencilla en 0.48 kV y 12 kV	Variadora de Tensión	69/12, 12/0.48	69, 13.8, 0.48	14/20, 3
Pantaleón	Santa Lucía Cotzumalguapa	Barra Sencilla + By Pass en 69 kV, 3 Barras Sencillas en 13.8 kV	Variadora de Tensión	3 de 69/13.8	69, 13.8	10/14, 25/33
El Jocote	Santa Lucía Cotzumalguapa	Barra Sencilla	Variadora de Tensión	69/4.16, 13.8	69, 13.8, 4.16	5/7 ,
El Porvenir	Tajumulco	Barra Sencilla	Variadora de Tensión	69/2.4, 13.8/2.3	69, 13.8, 2.3	4.2, 0.75

APÉNDICE 2

NORMAS TÉCNICAS INTERNACIONALES Y SU APLICACIÓN PARA EQUIPO ELÉCTRICO DE POTENCIA, MEDICIÓN Y PROTECCIÓN

Interruptores de potencia

IEC 60056: *High voltage alternating current circuit-breakers.*

IEC 61058-1 Ed. 3.1 b: 2001: *Switches for appliances - Part 1: General requirements.*

IEC 61058-1 Amd.1 Ed. 3.0 b: 2001: *Amendment 1*

IEC 61058-2-4 Ed. 1.1 b: 2003: *Switches for appliances - Part 2-4: Particular requirements for independently mounted switches.*

IEC 61058-2-4 Amd.1 Ed. 1.0 b: 2003: *Amendment 1.*

IEC 60265-1 Ed. 3.0 b: 1998: *High-voltage switches - Part 1: Switches for rated voltages above 1 kV and less than 52 kV.*

IEC 60265-2 Ed. 1.0 b: 1988: *High-voltage switches. Part 2: High-voltage switches for rated voltages of 52 kV and above.*

IEC 60265-2 Amd.2 Ed. 1.0 b: 1998: *Amendment 2.*

IEEE Std. C37.20.1a-2005 (*Amendment to IEEE Std C37.20.1-2002*): *IEEE standard for metal-enclosed low-voltage power circuit breaker switchgear. Amendment 1: short-*

time and short-circuit withstand current tests- minimum areas for multiple cable connections.

IEEE Std. C37.20.3-2001: *IEEE standard for metal-enclosed interrupter switchgear.*

IEEE Std. C37.60-2003/Cor 1-2004 (*Corrigendum to IEEE Std C37.60-2003*): *IEEE standard requirements for overhead, pad-mounted, dry vault, and submersible automatic circuit reclosers and fault interrupters for alternating current systems up to 38 kv. Corrigendum 1.*

Seccionadores

IEC 129-1984: *alternating current disconnectors and earthing switches.*

IEC 60934 Ed. 3.0 b: 2000: *Circuit-breakers for equipment (CBE).*

ANSI C37.32-1996: *American national standard high-voltage air disconnect switches interrupter switches, fault initiating switches, grounding switches, bus supports and accessories control voltage ranges-schedules of preferred ratings, construction guidelines and specifications.*

IEEE Std. C37.41-2000: *IEEE standard design tests for high-voltage fuses, distribution enclosed single-pole air switches, fuse disconnecting switches, and accessories.*

ANSI C37.42-1996: *American national standard specification for high-voltage expulsion type distribution class fuses, cutouts, fuse disconnecting switches and fuse links.*

Transformadores de instrumento

IEC 60044-2003: *Instrument transformers – Part 1: Current transformers.*

IEC 60270-2001: *High-voltage test techniques - Partial discharge measurements.*

IEEE Std. C57.13-1993: *IEEE standard requirements for instrument transformers.*

IEEE Std. C57.13.2-2006: *IEEE standard conformance test procedure for instrument transformers.*

ANSI/IEEE Std. C57.13.3-2005 (Revision of IEEE Std C57.13.3-1983): *IEEE guide for grounding of instrument transformer secondary circuits and cases.*

ANSI/IEEE Std. C57.13.6-2005: *IEEE standard for high-accuracy instrument transformers.*

Pararrayos

IEC 60099-4 Amd.1 Ed. 2.0 b: 2006: *Amendment 1 - Surge arresters - Part 4: Metal-oxide surge arresters without gaps for a.c. systems.*

IEC 60099-5 Ed. 1.1 b: 2000: *Surge arresters - Part 5: Selection and application recommendations.*

IEC 60099-6 Ed. 1.0 en: 2002: *Surge arresters - Part 6: Surge arresters containing both series and parallel gapped structures - Rated 52 kV and less.*

IEC 60273 Ed. 3.0 b: 1990: *Characteristic of indoor and outdoor post insulators for systems with nominal voltages greater than 1000 V.*

IEC 815: 1986: *Guide for the selection of insulators in respect of polluted conditions.*

IEEE Std. C62.11-2005: *IEEE standard for metal-oxide surge arresters for ac power circuits (>1 kv) revision of c62.11-1999.*

IEEE Std. C62.22-1997: *IEEE guide for the application of metal-oxide surge arresters for alternating-current systems.*

Regulador de voltaje

IEEE Std. C57.15-1999: *IEEE standard requirements, terminology, and test code for step-voltage regulators.*

IEEE Std. 449-1998: *IEEE standard for ferroresonant voltage regulators.*

Transformadores de potencia

IEC 60076-1 Ed. 2.1 b: 2000: *Power transformers - Part 1: General.*

IEC 60076-SER Ed. 1.0 b: 2006: *Power transformers - ALL PARTS.*

IEC 62041 Ed. 1.0 b: 2003: *Power transformers, power supply units, reactors and similar products - EMC requirements.*

ANSI/IEEE Std. C57.12.00-2006: *IEEE standard for standard general requirements for liquid-immersed distribution, power, and regulating transformers.*

IEEE Std. C57.12.01-2005 (*Revision of IEEE Std C57.12.01-1998*): *IEEE standard general requirements for dry-type distribution and power transformers, including those with solid-cast and/or resin encapsulated windings.*

IEEE Std. C57.12.20-2005: *IEEE standard for overhead-type distribution transformers, 500 kVA and smaller: high voltage, 34 500 V and below; low voltage, 7970/13 800y V and below.*

IEEE Std. C57.12.90-1999: *IEEE standard test code for liquid-immersed distribution, power, and regulating transformers.*

IEEE Std. C57.98-1993: *IEEE guide for transformer impulse tests An Errata is available Reaffirmed 1999.*

Capacitores

IEC 60358 Ed. 2.0 b: 1990: *Coupling capacitors and capacitor dividers.*

IEEE Std. 18-2002 (*Revision of IEEE Std 18-1992*): *IEEE standard for shunt power capacitors revision of 18-1992.*

IEEE Std. C37.66-2005 (*Revision of ANSI C37.66-1969*): *IEEE standard Requirements for capacitor switches for AC systems (1 kV to 38 kV).*

IEEE Std. 824-2004: *ieee standard for series capacitor banks in power systems revision of 824-1994.*

Reactores

IEC 60289 Ed. 2.0 b: 1988: *Reactors.*

IEEE Std. C57.21-1990: *IEEE standard requirements, terminology, and test code for shunt reactors rated over 500 kVA.*

Protecciones

IEEE Std. C62.41.2-2002: *IEEE recommended practice on characterization of surges in low-voltage (1000 V and less) AC power circuits.*

Medidores

IEC 62053-61 Ed. 1.0 b: 1998: *Electricity metering equipment (a.c.) – Particular requirements – Part 61: Power consumption and voltage requirements.*

IEC 60068: *Environmental testing.*

ANSI C12.1-1995: *Code for Electricity Metering.*

ANSI C12.13-1991: *Electronic TOU registers for electricity meters.*

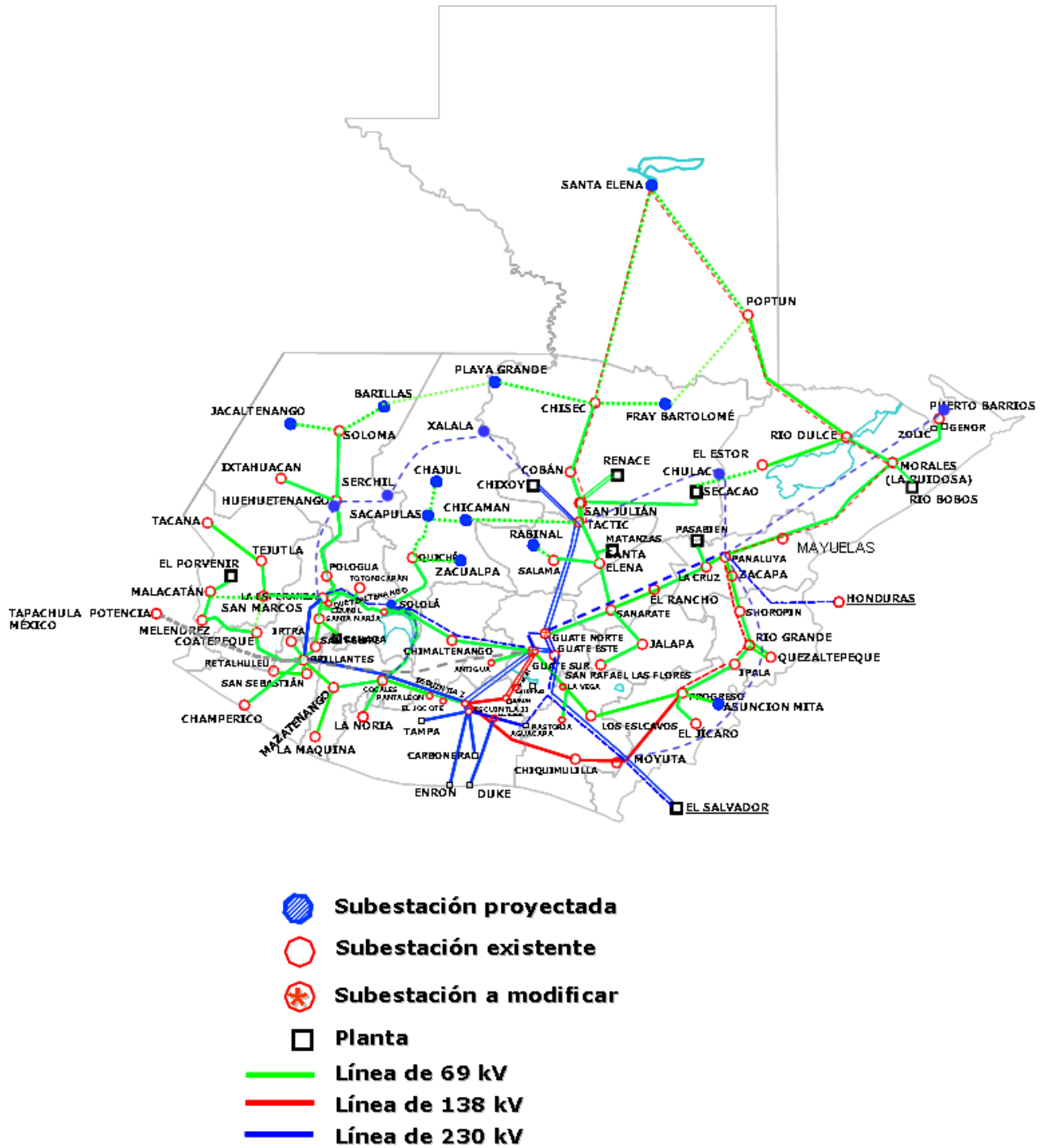
ANSI C12.16-1991: *Solid state electricity meters.*

ANSI C12.18-1996: *Protocol specification for ANSI type 2 optical port.*

IEEE Std. C37.90-2005: *IEEE standard for relays and relay systems associated with electric power apparatus revision of C37.90-1989.*

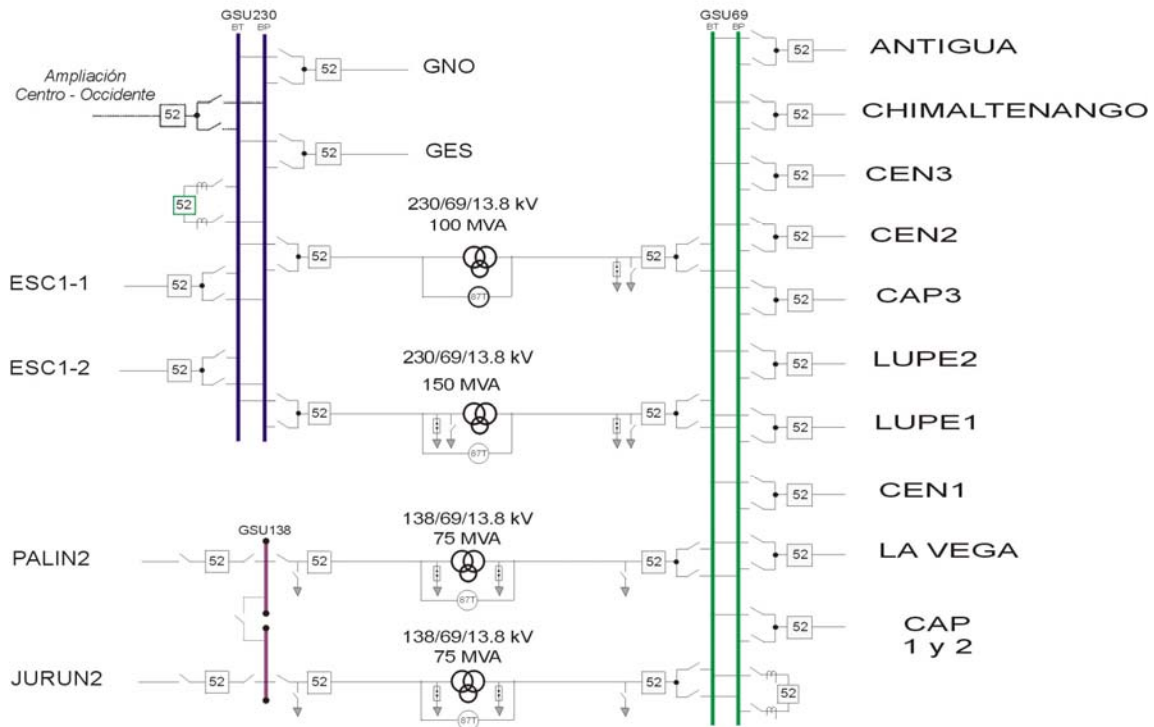
ANEXO 1

Figura 1 - INFRAESTRUCTURA DE TRANSMISIÓN



(Fuente: ETCEE – INDE)

Figura 2 - UNIFILAR SUBESTACIÓN GUATEMALA SUR
UNIFILAR SUBESTACION GUATEMALA SUR



(Fuente: ETCEE – INDE)

ANEXO 2

Tabla VII – Tensiones nominales y valores de pruebas dieléctricas

Tensión Nominal (kV) Valor eficaz	Tensión de aguante nominal a la frecuencia del sistema (kV) Valor eficaz (1 min) Seco (s) y húmedo (h)		Tensión de aguante Nominal a impulso De rayo (kV) valor Pico seco (s)		Tensión de aguante a Impulso de maniobra (kV) Valor pico seco (s) y húmedo (h)		
	De fase a tierra Y a través de interruptor Cerrado	De fase a Tierra y a través de Interruptor abierto	De fase a tierra Y a través de interruptor Cerrado	De fase a Tierra y a través de Interruptor abierto	De fase A Tierra	Entre fases para interruptor de tanque muerto	A través de las terminales del interruptor abierto
145 ⁽²⁾⁽³⁾	275(s/h)		650		NA	NA	NA
245	460 (s/h)		1050		NA	NA	NA
420	520 (s/h)	610 (s)	1425	1425 (+240)	1050	1575	900 (+345)

NOTAS:

- 1) Los valores de prueba indicados en esta tabla están referidos a las condiciones normalizadas de 101.3 kPa de presión, 20 °C de temperatura y humedad absoluta de 11 g/m³.
- 2) Exclusivamente para los casos de extra alta contaminación y altitudes mayores a 2500 msnm.
- 3) Exclusivamente para los casos en los que se requiera corrientes de interrupciones de 50 kA o mayores.
- 4) Los valores especificados en la tabla están basados en un estudio con los siguientes parámetros principales: índice de falla del equipo 1/400; Tensión nominal del pararrayos 210 kV para tensión nominal del sistema de 230kV.

(Fuente: ETCEE – INDE)

Tabla VIII – Corrientes nominales de operación y corrientes de interrupción

Tensión nominal del interruptor (kV)	Corriente nominal (A)	Corriente de interrupción de corto circuito (kA)	Corriente de Interrupción en cables cargados (cable en vacío) (A)	Corriente de interrupción con línea cargada (línea en vacío) (A)
145	1250 1600 2000	31.5	160	50
	1600 2000 3150	40 50		
230	1250 1600 2000	31.5	250	125
	1600 2000	40		
	2000	50		

420	1600 2000	31.5	400	400
	1600 2000	40		
	2000	50		

NOTA: En caso de requerirse una corriente de interrupción de corto circuito de 63 kA debe indicarse en las Especificaciones Técnicas Particulares.

(Fuente: ETCEE – INDE)

Tabla IX – Distancia específica mínima de fuga y nivel de contaminación

Nivel de Contaminación	Distancia específica mínima de fuga (mm/kV _{f,f}) IEC 60815
Medio	20
Alto	25
Extra alto	(*)
NOTA (*): En caso de requerirse equipo para un nivel De contaminación extra alto se debe realizar un estudio, El cual debe se avalado por la ETCEE-INDE. Para el caso, Véase nota (2) de la Tabla VIII de tensiones nominales y Valores de pruebas dieléctricas.	

(Fuente: ETCEE – INDE)

Tabla X – Tensión de control para relevadores, bobinas de apertura y cierre, señalización, alarmas y motores universales

Tensión nominal VCD	Límite de tensión VCD	
	Circuito de cierre	Circuito de disparo
125	106 – 137	87 – 137
250	212 – 275	175 - 275

(Fuente: ETCEE – INDE)

Tabla XI – Tensiones de equipos auxiliares como motores, contactores y resistencias calefactores

Tensión nominal	Límites de tensión VCA
440 V, 3 fases, 60 Hz	394 – 484
220 V, 3 o 2 fases, 60 Hz	187 – 242
127 V, 1 fase, 60 Hz	108 - 140

(Fuente: ETCEE – INDE)

Tabla XII – Tensiones máximas de diseño y valores de pruebas dieléctricas

Tensión máxima de diseño nominal kV _{eficaz}	Tensiones de prueba			
	Tensión de aguante al impulso por rayo (1.2/50 µs) kV _{pico}		Tensión de aguante a la frecuencia del sistema kV _{eficaz}	
	Valores comunes	Abierta entre contactos de la cuchilla	Valores comunes	Abierta entre contactos de la cuchilla
			Seco/Húmedo 1 min	Seco/Húmedo 1 min
72.5*	325	375	140	160
145*	650	750	275	315
245*	1050	1200	460	530

Notas:

- * Los valores indicados en esta tabla son para que los seccionadores operen en altitudes de 0 a 2500 metros sobre el nivel del mar.
- * En la aplicación de la tensión y condición de prueba se debe distinguir entre dos casos: el caso común, en donde la tensión de prueba fase-tierra, entre fases y a través de la cuchilla abierta, es la misma y el caso especial en el que la distancia a través de la cuchilla abierta y la distancia entre fases es más grande que la distancia fase a tierra.

(Fuente: ETCEE – INDE)

Tabla XIII – Tensiones máximas de diseño y valores de pruebas dieléctricas

Tensión máxima de diseño kV _{eficaz}	Tensiones de prueba					
	Tensión de aguante a la frecuencia del sistema kV _{eficaz}		Tensiones de aguante al impulso por maniobra (250/2500 µs) kV _{pico}		Tensión de aguante al impulso por rayo (1.2/50 µs) kV _{pico}	
	Fase a tierra y entre fases ⁽³⁾	Abierta entre contactos de la cuchilla ⁽³⁾	Fase a tierra con cuchilla abierta	Abierta entre contactos de la cuchilla ^(3 y 5)	Fase a tierra y entre fases	Abierta entre contactos de la cuchilla ^(3 y 5)
245 ⁽²⁾	450	520	950	800(+295) ⁽¹⁾	1175	1175(+205) ⁽¹⁾
420*	520	610	1050	900(+345-) ⁽¹⁾	1425	1425(+240) ⁽¹⁾
420 ⁽²⁾	620	800	1175	900(+450) ⁽¹⁾	1550	1550(+315) ⁽¹⁾

Notas:

- * Los valores indicados en esta tabla son para que los seccionadores operen en altitudes de 0 a 2500 metros sobre el nivel del mar.
- * En la aplicación de la tensión y condición de prueba se debe distinguir entre dos casos: el caso general, en donde la tensión de prueba fase-tierra y entre fases, es la misma y el caso especial en el que la distancia a través de la cuchilla abierta y la distancia entre fases es más grande que la distancia fase a tierra.

⁽¹⁾ Este valor no es aplicable entre polos.

⁽²⁾ Únicamente para los casos de altitudes mayores a 2500 msnm o para nivel de contaminación extra alta.

⁽³⁾ Estos valores son aplicables:

- a. Para pruebas prototipo, de fase a tierra

b. Para pruebas de rutina de fase a tierra, de fase a fase y a través de la cuchilla abierta.

Valores de las comunas 3, 5 y 7 son aplicables solamente para pruebas prototipo.

⁽⁴⁾ Esos valores se derivan de los factores de multiplicación establecidos en la tabla XVI y en la IEC 60071-1.

⁽⁵⁾ En la columna 5, los valores entre paréntesis, son valores pico de la tensión a la frecuencia del sistema $V_r (\sqrt{2} / \sqrt{3})$. Aplicados a la terminal opuesta (tensión combinada).

En la columna 7, los valores entre paréntesis, son valores pico de la tensión a la frecuencia del sistema $0.7 V_r (\sqrt{2} / \sqrt{3})$. Aplicados a la terminal opuesta (tensión combinada).

(Fuente: ETCEE – INDE)

Tabla XIV – Valores de corriente nominal y de prueba correspondiente a la tensión nominal del seccionador.

Tensión nominal de diseño (kV)	Valores de prueba de la corriente de aguante		Corriente nominal (A) valor eficaz			
	De corta duración eficaz (kA)	Valor pico (kA)				
72.5	12.5	32.5	1250	1600	2000	
	20	52	1250	1600	2000	
	25	65	1250	1600	2000	
145	20	52	1250	-	-	-
	25	65	1250	1600	2000	-
	31.5	81.9	1250	1600	2000	-
	40	104	-	1600	2000	3150
	50	130	-	1600	2000	3150
245	20	52	1250	1600	2000	
	31.5	81.9	1250	1600	2000	
	40	104	-	1600	2000	
	50	130	-	-	2000	
					2000	
420	20	52	-	1600	2000	
	31.5	81.9	-	1600	2000	
	40	104	-	1600	2000	
	50	130	-	-	2000	
					2000	

(Fuente: ETCEE – INDE)

Tabla XV – Distancias de fuga y niveles de contaminación

Niveles de contaminación	Distancia específica mínima de fuga (mm/kV _{f.f})
Medio	20
Alto	25
Extra alto	(*)

NOTA (*): En caso de requerirse equipo para un nivel de contaminación extra alto, véase nota 2 de la tabla XIII de tensiones nominales y valores de pruebas dieléctricas

(Fuente: ETCEE – INDE)

Tabla XVI – Tensión de equipos auxiliares de fuerza y control

Tensión nominal	Fuerza o control	Variación de la tensión nominal en %
440 V, 3 fases, 60 Hz	Fuerza	85-110
220 V, 3 fases, 60 Hz	Fuerza	85-110
127 V, 1 fase, 60 Hz	Fuerza	85-110
125 VCD	Control	85-110
250 VCD	Control	85-110

(Fuente: ETCEE – INDE)

Tabla XVII – Tensión de resistencias calefactores

Tensión nominal	Variación de la tensión nominal en %
440 V, 60 Hz	10
220 V, 60 Hz	10
125 V, 60 Hz	10

(Fuente: ETCEE – INDE)

Tabla XVIII - Niveles de aislamiento

Tensión nominal del sistema (kV)	Tensión nominal del Tc (kV)	NBAI (kV)	Tensión de aguante 60 Hz (kV)	Altitud de operación msnm	Impulso de maniobra (kV)	
13.8	15	110	34	0 - 1000	---	---
34.5	36	200	70	0 - 1000	---	---
69	72.5	350	230	0 - 1000	---	---
138	145	650	275	0 - 1000	---	---
230	245	1050	460	0 - 1000	---	---
400	420	1425	630	0 - 1000	1050	1050

Notas: (1) Los valores de prueba indicadas en esta tabla, están referidos a las condiciones estándar de presión temperatura y humedad, en la norma IEC-185.

(2) Onda de 1.2 X 50µS NBAI

(3) Tensiones restringidas

(4) NBAM por maniobra onda 250 X 250µS

(Fuente: ETCEE – INDE)

Tabla XIX – Niveles de aislamiento para transformadores de potencial capacitivo

Tensión nominal del sistema (kV)	Tensión nominal Del transformador (kV)	NBAI (kV Cresta)		Tensión de aguante 60 Hz, 1 minuto		Impulso de maniobra (kV Cresta)		Altitud de la instalación (msnm)
		Interno	Externo	Interno	Externo	Interno	Externo	
138	145	650	650	275	275	---	---	0 – 1000
		650	750	275	325			1001 – 3000
230	245	1050	1050	460	460	---	---	0 – 1000
		1050	1175	460	510			1001 – 3000
400	420	1425	1425	630	630	1050	1050	0 – 1000
		1425	1550	630	680	1050	1175	1001 – 3000

Nota: Los valores de altitud mayores a 1000 msnm fueron corregidos aplicando los factores de (Fuente: ETCEE – INDE)

Tabla XX - Exactitud y carga nominal

Tensión nominal del sistema (kV)	Tensión máxima del equipo (kV)	Clase de exactitud	Carga nominal
13.8	17.5	0.3	WXY
34.5	36		
69	72.5		WXYZ
138	145		

(Fuente: ETCEE – INDE)

Tabla XXI - Tensiones nominales y capacidad térmica

Tensión nominal del sistema (kV)	Capacidad térmica (VA)
13.8	750
34.5	
69	1500
138	

(Fuente: ETCEE – INDE)

Tabla XXII – Tensiones nominales y valores de pruebas dieléctricas

Tension Nominal Del Sistema (kV)	Tension Maxima del Equipo (kV)	Valores De Prueba Impulso (kV) pico	Potencial Inducido	Conexión Del Primario
13.8	17.5	110	28.8	Fase-tierra/fase-fase
34.5	36	200	70	Fase-tierra/fase-fase
69	72.5	350	140	Fase-tierra
138	145	650	275	Fase-tierra

(Fuente: ETCEE – INDE)

Tabla XXIII - Distancia de fuga

Nivel de Contaminación	Distancia mínima de fuga de fase a fase Mm/kV	Concentración de Contaminantes Método de Niebla salina Kg/m ³
Medio	20	14
Alto	25	40

(Fuente: ETCEE – INDE)

Tabla XXIV – Distancia específica de fuga y nivel de contaminación

Nivel de contaminación		Distancia específica de fuga (mm/kVf-f)	Concentración de Contaminación, método de niebla salina (kg/m ³)
I	Ligera	16	14
II	Media	20	40
III	Alta	25	112
IV	Extra Alta	31	>160

(Fuente: ETCEE – INDE)

Tabla XXV - Pararrayos tipo estación

Tensión nominal del sistema f-f	Tensión máxima del diseño	Tensión de designación	Tensión de operación continua que soporta f-t	Tensión máxima de descarga al frente de onda	Tensión máxima a ondas de maniobra		Tensiones residual máxima a la descarga (kV cresta) con onda de 8x20 µs y un impulso de corriente de:				
					A de prueba	kV cresta	3kA	5kA	10kA	20kA	40kA
(kV)	kV (rnc)	Kv (rnc)	kV (rnc)	kV cresta	A de prueba	kV cresta	3kA	5kA	10kA	20kA	40kA
13.8	15.5	10	8 10	---	---	---	29	25 36	27 36	31 38	44
34.5	38	27 30	22 24	---	---	---	62 71	73 73	75 77	85 86	103
69	72.5	54 60	43 48	---	---	---	111 113	218 143	134 149	149 165	160 178
130	145	10% 120	86 96	310 345	500 1000	225 250	220 245	256 285	268 300	297 330	320 357
230	245	172 180 192	138 144 153	500 520 550	1000 1000 1000	360 370 390	350 368 393	364410 381422 404-454	390-430 408-445 430475	429-471 449485 466-520	49851
											3
											52352
400	420	300 336 360	240 269 288	860 900 1000	2000 2000 2000 2000	630 650 690 720	611 637 684 735	636-690 679725 731-780 760-820	680740 718770 773-830 805970	748-805 780-840 846910 875950	669-892
											93592
											1
											97399
											0
											97510
											63

(Fuente: ETCEE – INDE)

Tabla XXVI – Valores del factor de asimetría

X/R	1	1.5	2	3	4	5	6	8	10	14
K	1.51	1.64	1.76	1.95	2.09	2.19	2.27	2.38	2.46	2.55

(Fuente: ETCEE – INDE)

Tabla XXVII - Capacidad de operar con sobrecarga

Concepto	Sobrecarga
1 minuto	1.40 Vn
15 segundos	1.70 Vn
1 segundo	2.00 Vn
6 ciclos	2.20 Vn
Corriente máxima continua	1.8 In
V pico	2.00

(Fuente: ETCEE – INDE)

Tabla XXVIII – Capacidad de operar con sobrevoltaje

Voltaje Transitorio	Cantidad a Soportar
Vpico = 2.00 * 1.412*Vn	Todos
Vpico = 2.05 * 1.412*Vn	4,000 al año
Vpico = 2.40 * 1.412*Vn	400 al año
Vpico = 2.83 * 1.412*Vn	40 al año
Vpico = 3.54 * 1.412*Vn	4 al año

(Fuente: ETCEE – INDE)

Tabla XXIX – Tensiones nominales y capacidades típicas de reactores de potencia autoenfriados

Tensión (kV)	Trifásico (Mvar)
400	25
400	35
400	50
400	62
400	70
400	100
230	10.5
115	15
13.8	15
13.8	15
13.8	17.75
13.8	22.5
13.8	25
13.8	30
13.8	70
13.8	187
Tensión (kV)	Monofásico (Mvar)
400	16.6
400	20
400	25
400	33.33
400	50
230	7.1
230	18.67

(Fuente: ETCEE – INDE)

Tabla XXX – Niveles de aislamiento recomendados para transformadores de potencia

Tensión nominal del sistema (kV)	Tensión máxima del sistema (kV)	Tensión de aguante al impulso por rayo normalizado (kV cresta)	Tensión de aguante al impulso por rayo cortado normalizado		Tensión de aguante al impulso por maniobra normalizado (kV cresta)	Tensión inducida, (fase a tierra)		Tensión de aguante a 60 Hz, 60 s kV (rcm)
			kV (cresta)	Tiempo mínimo de flameo (µs)		Nivel de una hora kV (rcm)	Nivel realzado 7200 ciclos kV (rcm)	
13.8 y menor	15	110	121	2	.	.	.	34
13.8 ≤	25	150	165	3	.	.	.	50
34.5	38	200	220	3	.	.	.	70
69	72.5	350	385	3	.	.	.	140
138	145	650	715	3	.	125	145	275
230 ⁽¹⁾	245	1050	1155	3	.	210	240	460
400 ⁽¹⁾	420	1425	1570	3	1180	365	415	.

Notas:

- 1) Los valores de prueba indicados en esta tabla están referidos a las condiciones normalizadas de 101.3 kPa de presión, 20° C de temperatura y humedad absoluta de 11 g/m³ y para operar en altitudes de 0 msnm hasta 2500 msnm. Estos valores aplican para aislamientos interno y externo. Para latitudes de operación arriba de 2500 msnm, se requiere un estudio específico de aplicación.
- 2) Los valores de prueba de tensión aplicada indicados en la columna 9, están dados para aquellos equipos que cuenten con aislamiento uniforme; entendiéndose por aislamiento uniforme cuando el aislamiento a tierra de un devanado esta diseñado para soportar en todos sus puntos la tensión de prueba a frecuencia nominal correspondiente a su terminal de línea.
- 3) Las columnas 7 y 8 indican los niveles de prueba de fase a tierra que normalmente se aplicarían a devanados en estrella. Cuando el nivel de tensión de prueba va a medirse de fase a fase, como es el caso de los devanados en delta, los niveles en la fila 10, deben multiplicarse por 1.732 para obtener el nivel de tensión inducida de prueba entre fases requerida.

(Fuente: ETCEE – INDE)

Tabla XXXI – Niveles de ruido audible máximo permitidos en reactores

Tamaño del reactor (Mvar)	Máximo nivel de ruido audible Db(A)
10	88
20	90
50	94
80	96
100	98
120	100
150	102
200	104

(Fuente: ETCEE – INDE)

Tabla XXXII - Registros independientes a las bridas de fijación de los bushings

No. de registros hombre	Trifásicos Mvar	Monofásicos Mvar
1	Menores de 18	Menores de 25
2	Hasta 45	Mayores de 25
3	Mayores de 45	---

(Fuente: ETCEE – INDE)

Tabla XXXIII – Distancia de fuga y nivel de contaminación

Nivel de contaminación	Distancia específica de fuga (mm/kV) criterio fase - fase	Concentración mínima de contaminantes kg/m ³ (método de prueba niebla salina)
Media	20	14
Alta	25	40

(Fuente: ETCEE – INDE)

Tabla XXXIV – Límites de exactitud

Clase Magnitud	Energía		Demanda		Instantáneos	
	0.2	0.5	0.2	0.5	0.2	0.5
kW	0.2	0.5	0.2	0.5	0.4	0.7
Kva.	0.5	1.0	0.4	0.7	0.4	0.7
V	0.5	1.0	0.4	0.7	0.4	0.7
A	0.5	1.0	0.4	0.7	0.4	0.7

(Fuente: ETCEE – INDE)

Tabla XXXV – Valores de corriente de arranque, corriente mínima, corriente nominal y corriente máxima que deben cumplir los medidores multifunción

Clase del Medidor	Corriente de Arranque (A)	Corriente Mínima (A)	Corriente Nominal (A)	Corriente Máxima (A)
2.5 (10)	0.010	0.15	2.5	10
2.5 (10)	0.010	0.15	2.5	20
5.0 (10)	0.010	0.3	5.0	10
15.0 (100)	0.050	1.0	15.0	100
30.0 (200)	0.100	2.0	30.0	200
50.0 (320)	0.160	3.0	50.0	320
50.0 (480)	0.240	3.0	50.0	480

(Fuente: ETCEE – INDE)

Tabla XXXVI – Límite de porcentaje de error de registro integrador de energía unidireccional y bidireccional Medidor con cargas balanceadas

Variable	Valor de corriente	Ángulo de fase (grados)	Limite de error en porciento	
			Clase 0.2	Clase 0.5
Wh	Valores de la tabla XXXI	0	±0.4	±1.0
	Valores de la tabla XXXI	0	±0.2	±0.5
	$I_{\min} \leq I < 0.1 I_{\text{nom}}$	-60 y +60	±0.5	±1.0
	$0.1 I_{\text{nom}} \leq I \leq I_{\text{máx}}$	-60 y +60	±0.3	±0.6
varh	$I_{\min} \leq I < 0.1 I_{\text{nom}}$	-90 y +90	±1.0	±2.0
	$0.1 I_{\text{nom}} \leq I \leq I_{\text{máx}}$	-90 y +90	±0.5	±1.0
	$I_{\min} \leq I < 0.1 I_{\text{nom}}$	-30 y +30	±0.4	±0.4
	$0.1 I_{\text{nom}} \leq I \leq I_{\text{máx}}$	-30 y +30	±0.4	±0.4

I_{nom} = corriente nominal

I_{min} = corriente mínima

$I_{\text{máx}}$ = corriente máxima

(Fuente: ETCEE – INDE)

Tabla XXXVII – Curva de carga a tensión nominal y ángulo de fase cero grados

Condición	Corriente (clase), en A							Límites de error En porciento	
	2.5 (10)	2.5 (10)	5.0 (10)	15.0 (100)	30.0 (200)	50.0 (320)	50.0 (480)	Clase 0.2	Clase 0.5
	Corriente de prueba (A)								
1	0.15	0.15	0.3	1.0	2.0	3.0	3.0	±0.4	±1.0
2	0.25	0.25	0.5	1.5	3.0	5.0	5.0	±0.2	±0.5
3	1.5	1.5	1.5	10.0	20.0	30.0	30.0	±0.2	±0.5
4	2.5	2.5	2.5	15.0	30.0	50.0	50.0	±0.2	±0.5
5	5.0	5.0	5.0	30.0	60.0	75.0	100.0	±0.2	±0.5
6	---	10.0	---	50.0	100.0	100.0	180.0	±0.2	±0.5
7	7.5	15.0	7.5	75.0	150.0	150.0	240.0	±0.2	±0.5
8	---	18.0	---	90.0	180.0	300.0	360.0	±0.2	±0.5
9	10.0	20.0	10.0	100.0	200.0	320.0	480.0	±0.2	±0.5

(Fuente: ETCEE – INDE)

Tabla XXXVIII – Límites de porcentaje de error de registro integrador de demanda en intervalos de 15 minutos para la pantalla y de 5 minutos para la memoria masiva. Medidor con cargas balanceadas

Variable	Valor de corriente	Ángulo de fase (grados)	Límites de error en porciento	
			Clase 0.2	Clase 0.5
W	$0.10 I_{\text{nom}} \leq I \leq I_{\text{máx}}$	0	± 0.2	± 0.5
	$0.10 I_{\text{nom}} \leq I \leq I_{\text{máx}}$	-60 y +60	± 0.3	± 0.6
var	$0.10 I_{\text{nom}} \leq I \leq I_{\text{máx}}$	-90 y +90	± 0.4	± 0.7
	$0.10 I_{\text{nom}} \leq I \leq I_{\text{máx}}$	-30 y +30	± 0.6	± 1.2

(Fuente: ETCEE – INDE)

Tabla XXXIX – Límites de porcentaje de error de registro instantáneo en un segundo Medidor con cargas balanceadas

Variable	Valor de corriente	Ángulo de fase (grados)	Límites de error en porciento	
			Clase 0.2	Clase 0.5
W	$0.10 I_{nom} \leq I \leq I_{m\acute{a}x}$	0	± 0.4	± 0.7
	$0.10 I_{nom} \leq I \leq I_{m\acute{a}x}$	-60 y +60	± 0.6	± 1.2
var	$0.10 I_{nom} \leq I \leq I_{m\acute{a}x}$	-90 y +90	± 0.4	± 0.7
	$0.10 I_{nom} \leq I \leq I_{m\acute{a}x}$	-30 y +30	± 0.6	± 1.2
Va	$0.10 I_{nom} \leq I \leq I_{m\acute{a}x}$	0	± 0.4	± 0.7
	$0.10 I_{nom} \leq I \leq I_{m\acute{a}x}$	-60 y +60	± 0.6	± 1.2
A	$0.10 I_{nom} \leq I \leq I_{m\acute{a}x}$	0	± 0.4	± 0.7
	$0.10 I_{nom} \leq I \leq I_{m\acute{a}x}$	-60 y +60	± 0.6	± 1.2
V	$0.10 I_{nom} \leq I \leq I_{m\acute{a}x}$	0	± 0.4	± 0.7
	$0.10 I_{nom} \leq I \leq I_{m\acute{a}x}$	-60 y +60	± 0.6	± 1.2
FP	$0.10 I_{nom} \leq I \leq I_{m\acute{a}x}$	-60 y +60	± 1.0	± 2.0
Hz	$0.10 I_{nom} \leq I \leq I_{m\acute{a}x}$	0	± 0.1 Hz	± 0.1 Hz
	$0.10 I_{nom} \leq I \leq I_{m\acute{a}x}$	-60 y +60	± 0.15 Hz	± 0.15 Hz

(Fuente: ETCEE – INDE)

Tabla XL – Cantidades de influencia en la energía Medidor de cargas balanceadas

Cantidades de influencia	Valor de corriente	F.P.	Límite de variación en % de error	
			kWh	
			Clase 0.2	Clase 0.5
Tensión del circuito de medición ± 10 %	$I_{m\acute{i}n} \leq I \leq I_{m\acute{a}x}$ $0.1 I_{nom} \leq I \leq I_{m\acute{a}x}$	1.0 0.5 atrás	0.1 0.2 ---	0.2 0.4
Variación de frecuencia ±5%	$I_{m\acute{i}n} \leq I \leq I_{m\acute{a}x}$ $0.1 I_{nom} \leq I \leq I_{m\acute{a}x}$	1.0 0.5 atrás	0.1 0.1	0.2 0.2
Forma de onda: 10% de 3ª armónica en corriente	$I_{m\acute{i}n} \leq I \leq I_{m\acute{a}x}$	1.0	0.1	0.1
Secuencia de fase invertida	$0.1 I_{nom}$	1.0	0.05	0.1
Tensión desbalanceada	I_{nom}	1.0	0.5	1.0
Tensión auxiliar ± 15%	$I_{m\acute{i}n}$	1.0	0.05	0.1
Fase de la tensión auxiliar desfasado 120°	$I_{m\acute{i}n}$	1.0	0.1	0.2
Inducción magnética continua de origen externo	I_{nom}	1.0	2.0	3.0
Inducción magnética alterna de origen externo 0.5 mT.	I_{nom}	1.0	0.5	1.0

Campos electromagnéticos de alta frecuencia	I_{nom}	1.0	1.0	2.0
---------------------------------------------	-----------	-----	-----	-----

(Fuente: ETCEE – INDE)

Tabla XLI – Coeficiente de temperatura (kWh)

Valor de corriente	Factor de Potencia	Coeficiente medio de temperatura %/K	
		Clase 0.2	Clase 0.5
$I_{min} \leq I \leq I_{max}$	1.0	0.01	0.03
$0.1I_{nom} \leq I \leq I_{max}$	0.5 atrasado	0.02	0.05

(Fuente: ETCEE – INDE)

Tabla XLII – Condiciones de referencia

Cantidad de influencia	Valor de referencia	Tolerancias permisibles
Balance de tensiones (entre cada línea y promedio)	0%	$\pm 1\%$
Balance de corrientes (entre cada línea y promedio)	0%	$\pm 1\%$
Desplazamiento de fase (entre corrientes y tensiones)	0%	2°
Temperatura ambiente	23 °C	± 2 °C
Tensión	referencia	± 1 %
Frecuencia	referencia	± 0.3 %
Forma de onda	senoidal	distorsión < 2 %
Inducción magnética (a la frecuencia de referencia)	0	0.05 mT

NOTA: Las condiciones de referencia para tensión y frecuencias se aplican a ambos, el circuito de medición y la fuente auxiliar.

(Fuente: ETCEE – INDE)

Tabla XLIII – Carga máxima de cada circuito individual

Circuito de :	Alimentación de T.P.'s	Alimentación externa
Tension	5 W, 20 VA	< 0.5 VA
Corriente	1 VA	< 1 VA
Fuente auxiliar	---	< 20 VA

(Fuente: ETCEE – INDE)

Tabla XLIV – Límites de tolerancia en el error

Valor de corriente	Factor de potencia	Límites de variación en % de error	
		Clase 0.2	Clase 0.5
$I_{m\acute{a}x}$	1.0	0.1	0.2
$I_{m\acute{a}x}$	0.5 atrasado	0.1	0.2

(Fuente: ETCEE – INDE)

Tabla XLV – Protocolo de pruebas de rutina

PRUEBAS AL 100% DEL LOTE				
INSPECCIÓN VISUAL				
PUNTOS DE PRUEBA EN CALIBRACION (UNIDIRECCIONAL O BIDIRECCIONAL) ENERGIA ACTIVA (Wh)				
Corriente de prueba	Ángulo de fase	Tension nominal	% Error máximo 0.2	% Error máximo 0.5
10% Corriente nom.	0	120 o 240	0.2	0.5
Corriente nom.	0	120 o 240	0.2	0.5
Corriente nom.	0	120 o 240	0.3	0.5
PRUEBAS CON MUESTREO, INSPECCION NORMAL NIVEL II				
Nivel de Calidad Aceptable (NCA) = 0.65%				
PUNTOS DE PRUEBA EN CALIBRACION (UNIDIRECCIONAL O BIDIRECCIONAL) ENERGIA ACTIVA (Whn)				
Corriente de Prueba	Ángulo de fase	Tensión nominal	% Error máximo 0.2	% Error máximo 0.5
Corriente mín	0	120 o 240	0.4	1.0
Corriente 0.1 I_{nom}	0	120 o 240	0.2	0.5
Corriente máx.	0	120 o 240	0.2	0.5
Corriente nom.	-60	Tension nom.	0.3	0.6
Corriente nom.	0	Tension mín. **	0.2	0.5
Corriente nom.	0	Tension máx. **	0.2	0.5
PRUEBAS CON MUESTREO, INSPECCIÓN REDUCIDA NIVEL II				
NCA = 0.65%				
CORRIENTE DE ARRANQUE				
DESLIZAMIENTO				
PUNTOS DE PRUEBA EN CALIBRACIÓN (UNIDIRECCIONAL O BIDIRECCIONAL) DEMANDA (W)				
Corriente de Prueba	Ángulo de fase	Tensión nominal	%Error máximo 0.2	%Error máximo 0.5
Corriente nom.	0	Tensión nom.	0.2	0.5
Corriente nom.	-60	Tensión nom.	0.3	0.6
Corriente nom.	60	Tensión nom.	0.3	0.6
Corriente nom.	0	Tensión mín. **	0.2	0.5
Corriente nom.	0	Tensión máx. **	0.2	0.5

** Para medidores con valores fijos de operación; tensión mínima = 0.9 tensión nominal y tensión máxima = 1.1 tensión nominal.
 Para medidores de intervalo de operación de 120 a 480 V, tensión mínima = 108 V, tensión máxima = 524 V.

(Fuente: ETCEE – INDE)