

04/04/2022

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

TRANSFORMADORES DE POTENCIA

SERVICIOS DE INGENIERÍA

**AFINIA**

## ESPECIFICACIÓN

### TRANSFORMADORES DE POTENCIA

#### Modificaciones respecto a la edición anterior:

- Versión anterior de Dic-2018.
- Se modifica lcc para nivel 110 kV
- Se modifica válvula tipo compuerta por mariposa para la conexión del relé Buchholz y de los radiadores.

#### Siglas de los responsables y fechas de las tres ediciones anteriores

Ed.	Obj.	Ed.	Elaborado	Fecha	Revisado	Fecha	Aprobado	Fecha

#### Objeto de la edición

Elaborado por: JMR	Revisado por: JDA	Aprobado por: HSF
Fecha: 04/04/2022	Fecha: 04/04/2022	Fecha: 04/04/2022

## ESPECIFICACION

### Indice

<b>1.</b>	<b>Objeto .....</b>	<b>3</b>
<b>2.</b>	<b>Alcance del suministro .....</b>	<b>3</b>
<b>3.</b>	<b>Requisitos generales .....</b>	<b>4</b>
3.1.	Normas.....	4
3.2.	Condiciones de servicio .....	5
3.3.	Características generales de los sistemas eléctricos .....	5
<b>4.</b>	<b>Características de los transformadores de potencia .....</b>	<b>6</b>
4.1.	Características constructivas del transformador de potencia .....	7
4.1.1	Tanque principal y tapa (cubierta) .....	7
4.1.2	Tanque conservador de aceite del tanque principal.....	9
4.1.3	Conexión entre el tanque principal y el tanque conservador .....	10
4.1.4	Núcleo.....	10
4.1.5	Válvulas .....	11
4.1.6	Ruedas.....	12
4.1.7	Empaques.....	12
4.1.8	Radiadores.....	13
4.1.9	Devanados y aislamiento.....	13
4.1.10	Devanado de compensación .....	15
4.1.11	Sistema de enfriamiento .....	16
4.1.12	Conmutador de derivaciones bajo carga- CDBC (OLTC On Load Tap Changers) .....	18
4.1.13	Sistema de control de la subestación .....	21
4.1.14	Aceite dieléctrico para transformador .....	22
4.1.15	Nivel de ruido audible .....	25
4.1.16	Pintura.....	25
4.1.17	Accesorios de protección y control .....	26
4.1	Características eléctricas del transformador de potencia... <b>¡Error! Marcador no definido.</b>	
4.2.1	Distancias de aislamiento en el aire a considerar .....	36
4.2.2	Corrientes de excitación .....	37
4.2.3	Duración de la corriente simétrica de corto circuito .....	37
4.2.4	Tolerancias en los valores de impedancia .....	38
4.2.5	Tolerancias en los valores de impedancia, transformadores en paralelo .....	39
4.2.6	Tensiones armónicas.....	39
4.2.7	Pérdidas eléctricas en los transformadores de potencia.....	39

4.2.8	Bujes pasatapas .....	42
4.2.9	Transformadores de corriente .....	43
4.2.10	Sistema de puesta a tierra .....	44
4.2.11	Descargadores de sobretensión .....	45
4.2.12	Gabinete de control .....	47
4.2.13	Relés .....	48
4.2.14	Motores y arrancadores para motores .....	48
4.2.15	Alambrado y borneras del gabinete de control .....	48
4.2.16	Fijación y puesta a tierra .....	49
<b>5.</b>	<b>Aseguramiento de la calidad.....</b>	<b>50</b>
5.1	Revisión del diseño constructivo.....	50
5.2	Inspecciones del Sistema de Calidad del PROVEEDOR.....	52
<b>6.</b>	<b>Penalización Por Incumplimiento De Características Técnicas Garantizadas .....</b>	<b>67</b>
<b>7.</b>	<b>Supervisión técnica de la puesta en servicio.....</b>	<b>70</b>
<b>8.</b>	<b>Marcas .....</b>	<b>70</b>
<b>9.</b>	<b>Transporte y embalaje .....</b>	<b>71</b>
7.1	Registrador de impactos .....	72
7.1.1	Requerimientos.....	72
7.1.2	Resultados .....	72
7.1.3	Empaque individual .....	73
<b>8</b>	<b>Alcance.....</b>	<b>74</b>
8.1	Alcance de la oferta .....	74
8.2	Alcance del suministro .....	75
8.2.1	Equipo.....	75
8.2.2	Diseño .....	76
8.2.3	Documentación técnica .....	76
8.2.4	Instrucciones de transporte terrestre del transformador. ....	77
8.2.5	Presentación de documentos .....	78
8.2.6	Revisión de documentos .....	78
8.2.7	Número de revisiones de la documentación técnica presentada a AFINIA: .....	79
8.2.8	Bujes de repuesto .....	79
8.2.9	Manuales .....	79

**Anexo I Normas de referencia**

**Anexo II Ficha Técnica**

## 1. Objeto

Esta especificación tiene por objeto definir y establecer los requerimientos mínimos y las características técnicas de diseño eléctrico y mecánico, así como las condiciones de fabricación, pruebas, suministro y recepción en fábrica, embalaje, transporte hasta destino, instalación en campo y pruebas de puesta en servicio, que cumplirán los transformadores trifásicos de potencia, tipo convencional inmersos en aceite, con arrollamientos que serán conectados a sistemas eléctricos de las siguientes tensiones nominales: 13,8, 34,5, 66, 110 y 220 kV.

En la presente especificación técnica se incluyen todos los equipos auxiliares necesarios para su correcto funcionamiento. Los transformadores de potencia serán trifásicos, para uso exterior, con tanque conservador, con cambiador de derivaciones bajo carga y devanados de cobre. Serán diseñados y fabricados de acuerdo con los últimos adelantos y desarrollos en el campo del diseño de transformadores de potencia, serán unidades completamente nuevas en todos sus componentes.

En los formatos de **Fichas Técnicas (FFTT) (ANEXO 2)** se indican las tensiones nominales para cada uno de los arrollamientos del transformador, según la definición dada por la recomendación IEC 60076.

## 2. Alcance del suministro

La presente especificación técnica tiene por alcance el suministro de transformadores de potencia completos, con todos los accesorios necesarios para su operación satisfactoria, para su correcto funcionamiento y adecuada protección, cumplimiento integral de las finalidades previstas, con sus arrollamientos sumergidos en aceite aislante, enfriados por circulación natural de aceite y aire forzado, con conmutador de derivaciones bajo carga.

Hace parte del suministro entre otros lo siguiente:

- Ficha técnica de la oferta completamente diligenciada (Anexo 2).
- Los descargadores de sobretensión de 13,8 y 34,5 kV cuando dichas salidas van en cajas ( Cuando se solicite).
- Los descargadores de sobretensión de 66 kV, 110 kV y 220 kV ( Cuando se solicite)
- Los conectores de AT, MT y BT.
- Los conectores y conductores de las puestas a tierra sobre el transformador ( Cuando se solicite).
- Los ensayos y protocolos de pruebas realizadas en fábrica.
- Elaboración de la ingeniería y diseño detallado del transformador de potencia.
- Transporte, empaque y seguros del transformador desde fábrica a la obra.
- Suministro de bujes de repuestos. ( Cuando se solicite)
- La documentación técnica con instructivos de montaje y mantenimiento

- Instalación del transformador sobre base, ensamble de componentes, proceso de llenado de aceite, cableado propio y pruebas en sitio.
- Supervisión para la puesta en servicio para explotación comercial

**NOTA IMPORTANTE:** Si en la Ficha Técnica del Anexo se indica que se debe suministrar la Ficha Técnica de un transformador de puesta a tierra, el PROVEEDOR deberá elaborar la Ficha Técnica del transformador de puesta a tierra que se adjunta con las características técnicas que se ajusten al transformador principal ofertado.

Para los transformadores con doble relación por el lado de alta tensión, será responsabilidad del representante del PROVEEDOR que el equipo se encuentre en la relación de transformación apta para la puesta en servicio en la subestación donde está instalado.

Para las labores de montaje del transformador EL FABRICANTE deberá cumplir y suministrar lo estipulado en el documento “EETT Requerimientos Generales de obra” adjunto como anexo a estas especificaciones

**Todos los elementos y componentes que hacen parte del suministro del transformador tendrán que ser entregados junto con un packing list detallado de los mismos.**

### 3. Requisitos generales

Se establecen a continuación los requisitos generales.

#### 3.1. Normas

Los transformadores de potencia objeto de esta especificación, se ajustarán a las Normas mencionadas, cuya lista se adjunta en el ANEXO 1 “NORMAS DE REFERENCIA” de este documento y se refieren a la última Edición Vigente a la fecha del pedido. En todos los detalles no señalados en esta especificación el transformador será diseñado, fabricado y probado de acuerdo con la serie completa de la norma IEC 60076, en su más reciente edición; y según lo indicado en el formulario ANEXO 2 “Características Técnicas Garantizadas” para cada tipo de transformador solicitado. En todos los diseños se tendrá en cuenta las recomendaciones del Reglamento Colombiano de Construcción Sismoresistente NSR-10.

El PROVEEDOR indicará en su oferta las desviaciones o discrepancias que pueda tener respecto a lo descrito en el documento y justificará su desviación con documentos (Normas) que sí esté cumpliendo. Pueden emplearse otras Normas internacionalmente reconocidas equivalentes o superiores a las aquí señaladas, siempre y cuando se ajusten a lo solicitado en la presente Especificación. En este caso, se enviara con la oferta una (1) copia en español de las normas utilizadas.

Si en la presentación de la oferta NO se presentan discrepancia prevalecerá lo aquí establecido.

Los transformadores, conmutadores de tomas bajo carga, transformadores de intensidad, aisladores pasantes y descargadores de sobretensión se diseñarán, fabricarán y ensayarán según las normas y recomendaciones, en su última versión.

### 3.2. Condiciones de servicio

El transformador de potencia se suministrará para uso exterior y se diseñara para operar satisfactoriamente bajo las condiciones expuestas en las fichas técnicas.

### 3.3. Características generales de los sistemas eléctricos

Los transformadores de potencia suministrados serán conectados a sistemas eléctricos con las siguientes características:

Tabla 2  
Características nominales

Características del sistema	Unidad	13.2/13.8kV	33/34,5 kV	66 kV	110/112/115kV	220/230 kV	44/46kV
Frecuencia	Hz	60	60	60	60	60	60
Voltaje nominal del sistema	kV	13,8	33/34,5	66	110/112/115	220/230	44/46
Voltaje máximo del sistema	kV	17,5	36	72	123/145	245	52
Nivel de cortocircuito simétrico	kA/s	25/1	25/1	40/1	40/1	40/1	
Conexión del neutro		Aterrizado sólidamente	Aterrizado sólidamente	Aterrizado o con impedancia	Aterrizado sólidamente	Aterrizado sólidamente	Delta
Voltaje auxiliar c.a.	V c.a.	208/120	208/120	208/120	208/120	208/120	208/120
Voltaje auxiliar c.c.	V c.c.	125	125	125	125	125	125
Tensión soportada al impulso (kV)	Up	Según FFT	Según FFT	Según FFT	Según FFT	Según FFT	Según FFT
Tensión a frecuencia industrial (kV)	Ud	Según FFT	Según FFT	Según FFT	Según FFT	Según FFT	Según FFT

#### **4. Características de los transformadores de potencia**

Se describen a continuación las características mecánicas, eléctricas, de control y protecciones de los transformadores de potencia que serán adquiridos cumpliendo esta especificación.

Los transformadores de potencia serán de última tecnología, todos sus componentes mayores, elementos y accesorios serán nuevos, serán para uso exterior, trifásicos y/o monofásicos, sumergidos en aceite, con tanque conservador, con cambiador de derivaciones bajo carga y/o sin carga y devanados de cobre, con refrigeración natural y forzada ONAN/ONAF (IEC 60076-1) y aptos para usarse en las condiciones de servicio estipuladas en esta especificación. Serán diseñados y fabricados de acuerdo con los últimos adelantos y desarrollos en el campo del diseño de transformadores de potencia.



#### 4.1. Características constructivas del transformador de potencia

Se describen a continuación las características constructivas de los transformadores de potencia.

##### 4.1.1 Tanque principal y tapa (cubierta)

El tanque y la tapa serán construidos en láminas de acero laminadas en frío, con chapas soldadas, serán de construcción robusta y hermético al aceite. Las uniones entre el tanque, la tapa y entre las distintas partes del tanque, se fijarán por medio de pernos galvanizados y el sello se efectuará por medio de empaques de acrilonitrilo resistentes al aceite caliente de modo que el conjunto sea completamente hermético.

El tanque será capaz de soportar todos los esfuerzos mecánicos originados por el propio peso del transformador y los esfuerzos producidos por sobrepresiones internas debido a sobrecargas o cortocircuitos, sin presentar deformaciones permanentes, pleno vacío durante 48 horas y una presión positiva del 125% de la presión que se presenta en su operación normal con un mínimo de 1 bar. Las válvulas, radiadores, tanque conservador, accesorios y tuberías tendrán un diseño y construcción aptos para soportar estos valores.

El tanque estará provisto de una base apoyada en ruedas para soportar los esfuerzos debidos al peso del transformador y a las maniobras por movilización e instalación. La base será diseñada y construida de forma tal que el centro de gravedad del transformador, con o sin aceite (como normalmente se transporta), no caiga fuera de los miembros de soporte del tanque cuando el transformador se incline 15° respecto al plano horizontal.

Todos los orificios del transformador ya sean de inspección o para colocar relés de protección y control, tendrán su boca unos 10 mm por arriba de la superficie para evitar entrada de elementos extraños al interior del tanque.

El diseño del tanque asegurará el drenado completo del aceite aislante y residuos que se depositen en el fondo del mismo, sin necesidad de inclinar el tanque.

El tanque principal del transformador estará provisto de:

- Dos conjuntos de agarraderas (ubicadas simétricamente) para levantar con grúa la cubierta del tanque y el conjunto núcleo-arrollados, respectivamente.
- Un conjunto de guías o facilidades adecuadas en su interior para dirigir el núcleo y arrollados durante su introducción o remoción en el tanque.
- Cuatro agarraderas para el alzado, por medio de grúa, del transformador completo lleno de aceite, cada agarradera estará prevista para fijar eslingas para propósito de izaje.

- Cuatro placas para alzado, por medio de gatos mecánicos o hidráulicos, del transformador completo lleno de aceite, colocadas en las esquinas de la base del tanque.
- Un conjunto de estribos o soportes adecuados para facilitar el desplazamiento horizontal (arrastre).
- Sistema de ruedas tipo ferrocarril, adecuadas para soportar el peso total del transformador.
- Un sistema de puesta a tierra para conectar a estos puntos todas equipos que deban ser conectados a tierra.
- Un sistema de radiadores para facilitar el enfriamiento del aceite.
- Sistema de válvulas.
- Una escalera metálica adosada al tanque principal.

La tapa o cubierta del tanque se diseñará con una pendiente de 1 a 1,5° de tal forma que se evite la acumulación de agua en su superficie. El PROVEEDOR mostrará en el plano de dimensiones, los ángulos de estas pendientes. Adicionalmente se diseñará con una base para la colocación de un registrador de impactos

La cubierta del tanque tendrá dos registros hombre, con tapa atornillada, que permitan fácil acceso para realizar trabajos de reapriete de guías y de bobinas al yugo superior, al extremo inferior de las boquillas, a las terminales y a la parte superior de los devanados y que permita reemplazar cualquier equipo auxiliar, sin necesidad de quitar la cubierta del tanque.

Todas las aberturas serán circulares o rectangulares, de acuerdo a la capacidad del transformador. Todas las aberturas que sean necesarias practicar en el tanque y en la cubierta serán dotadas de bridas soldadas alrededor, con el objeto de disponer de superficies que permitan hacer perforaciones sin atravesar el tanque, además de poder colocar empaquetaduras que sellen herméticamente las aberturas. Ningún perno pasará al interior de la tapa.

Los transformadores de potencia estarán provistos de escotillas adecuadas para posibles inspecciones internas (accesos Manholes y Handholes) de las siguientes dimensiones mínimas, en mm:

Descripción		HANDHOLES	MANHOLES
Circular	Diámetro	229	381
Rectangular	Largo	368	406
	Ancho	114	254

Todas las conexiones de tuberías al tanque estarán provistas de bridas.

Todas las tuberías para el sistema de enfriamiento del aceite (radiadores) estarán provistas de válvulas de separación inmediatamente adyacentes al tanque y a las tuberías de distribución; estas válvulas tendrán un indicador de posición el cual conjuntamente con la válvula se mantendrá fija mediante seguros pernados.

Los transformadores de potencia tendrán una escalera metálica adosada al tanque principal que permita un fácil acceso a la parte superior. Esta escalera empezará a 1100 mm por encima de los rieles y los primeros peldaños tendrán un sistema con seguro que impida el acceso libre, será en acero, su sistema constructivo estará sujeto a la aprobación de AFINIA.

#### 4.1.2 Tanque conservador de aceite del tanque principal

El tanque será de forma cilíndrica, dispuesto de forma horizontal y estará instalado a una altura suficiente que permita asegurar el nivel mínimo admisible de aceite para las partes aislantes, será construido en chapas de acero y con resistencia mecánica para vacío pleno. El tanque será desmontable y su ubicación no obstaculizará el mantenimiento de otros accesorios cercanos.

El tanque conservador del aceite no permitirá el contacto directo entre el aceite y el aire, para esto se proveerá de un sistema tipo diafragma flexible en el tanque. El sistema podrá consistir de una bolsa de nitrilo, diseñado de forma que no esté sometida a esfuerzos mecánicos perjudiciales al nivel máximo o mínimo del aceite en el conservador. La conexión de la bolsa con la atmósfera se realizará a través del secador de aire, con sílica gel, que mantendrá el aire seco en su interior. La bolsa se suministrará con sus respectivas protecciones.

La capacidad del depósito conservador será tal, que el nivel de aceite, en ningún caso, descienda por debajo del nivel de los flotadores del relé Buchholz (diferencia de temperatura a considerarse 120 °C).

Tendrá tubos con bridas para las conexiones de las tuberías del secador de aire y del relé de gas, así como para las conexiones del indicador del nivel de aceite, válvulas para llenado y drenaje del aceite.

El sistema de conservación de aceite estará equipado con un sistema deshidratador (secador) de sílica gel libre de mantenimiento. Ni el cambio del sílica gel ni la limpieza u otros trabajos de mantenimiento deben ser necesarios. El (los) secador(es) debe(n) ubicarse a 1.5m del nivel del suelo. Cada secador debe ser equipado con una unidad de control inteligente en base a la condición del medio secante. Un filtro sintermetálico al fondo del secador debe proteger el sílica gel contra influencias externas.

Es prohibido el uso de sílica gel azul que contenga cobalto.

El tanque de expansión estará equipado con un indicador de nivel de aceite magnético tipo flotador y contará con un hueco de inspección de mínimo 250mm de diámetro, que permita verificar el funcionamiento del sistema indicador de nivel y permita el acceso a la parte interna del tanque. con un relé de supervisión de presión en su parte superior. El tanque contará con un relé de supervisión del estado de la membrana del tanque de expansión.

El tanque conservador contará con argollas de izaje para su manipulación.

#### 4.1.3 Conexión entre el tanque principal y el tanque conservador

La conexión entre el tanque conservador y el tanque principal tendrá un relé Buchholz y una válvula automática de flujo de aceite, la cual bloquea la circulación de aceite desde el tanque conservador hacia la cuba principal, en el evento de una avería, evitando así una posible conflagración. El conjunto válvula– relé Buchholz estará entre dos válvulas tipo mariposa para que estos elementos pueda ser removidos fácilmente en caso de mantenimiento. Dependiendo de la potencia del transformador, su temperatura y del diámetro de la tubería se estudiarán sus dilataciones y se analizará la necesidad de uso de un sistema de conexión flexible que absorba las dilataciones de la tubería.

#### 4.1.4 Núcleo

El núcleo será construido de acero al silicio, laminado en frío o láminas de acero de grano orientado, de alto grado, de bajas pérdidas por histéresis y alta permeabilidad, de la más alta calidad, apto para este propósito. Las láminas tendrán superficies lisas, sin rebabas para asegurar sus bordes suaves, con tratamiento aislante mediante una película que proporcione una adecuada resistencia interlaminar. El acero del núcleo y todo el aislamiento asociado será diseñado de tal manera que no se presenten cambios perjudiciales en las propiedades eléctricas, magnéticas o físicas durante la vida de los devanados. Las láminas no serán afectadas por el aceite caliente o los aumentos de temperatura propios del núcleo del transformador y presentarán superficies suaves con el fin de poder obtener elevados factores de laminación.

Los yugos del núcleo estarán sujetos (prensados) por pernos con aislamiento para no causar contactos eléctricos entre las diferentes láminas. Todas las estructuras de sujeción tendrán la resistencia mecánica apropiada para este propósito y los elementos no tendrán una deformación permanente. La estructura de sujeción será construida en tal forma que las corrientes de Eddy sean minimizadas. Estas estructuras serán rígidamente puestas a tierra en un punto para evitar potenciales electrostáticos.

El aislamiento de los pernos del núcleo serán 130°C (clase B) mínimo, como el definido en la publicación especial C41-1959 de la CSA.

El núcleo estará aterrizado exteriormente a través de conductores de tierra, localizado en la parte superior de los núcleos con un enlace externo al tanque mediante un buje o caja de bornes de tensión máxima del material 1kV, para permitir hacer pruebas de tierra en cada uno de ellos. Si el diseño del PROVEEDOR permite la separación eléctrica entre núcleo y yugo, también se dispondrá un buje de idénticas características al anterior para la puesta a tierra del yugo. Con el enlace abierto, el circuito magnético quedará aislado de todas las partes estructurales para propósitos de pruebas.

El núcleo y los devanados serán convenientemente ensamblados y rígidamente sujetos, para asegurar una adecuada fortaleza mecánica que permita soportar los devanados (para el caso del núcleo) y prevenir desplazamiento de las láminas o distorsión durante el embarque y/o transporte, los daños causados por cortocircuitos y sobrecargas, además de las surgidas por los impactos que pueda sufrir durante el izaje, así como reducir al mínimo las vibraciones durante la operación del transformador.

Se proveerán accesorios de levantamiento apropiados para el núcleo y las bobinas minimizando el espacio requerido (cuando se realicen labores de reparación o mantenimiento que requieran el desencube). El diseño y la localización de los puntos de levantamiento serán tales que eviten la distorsión de los núcleos.

Los núcleos estarán diseñados para absorber una corriente de magnetización lo más baja posible.

#### 4.1.5 Válvulas

Todas las válvulas resistirán el paso de aceite aislante caliente sin presentar filtraciones y permitirán el cambio de sus empaques sin tener que drenar el transformador. Las válvulas tendrán bridas con las caras maquinadas para evitar fugas de aceite. El material de las válvulas será bronce. La apertura será girándola en dirección contraria a las agujas del reloj cuando se mira el volante.

Para los radiadores se utilizarán válvulas tipo mariposa, para la conexión del relé buchholz válvulas tipo mariposa y para el resto válvulas tipo bola (llenado, vaciado, filtro prensa y muestreo, del Tanque principal y del conservador, etc).

El transformadores tendrán como mínimo válvulas para:

- a. Drenaje del tanque conservador del tanque principal.
- b. Igualar presiones en la bolsa de nitrilo.
- c. Conexión superior de filtro prensa.
- d. Conexión inferior del filtro prensa y drenaje completo para el tanque principal.
- e. Acople de filtros de silicagel.
- f. Acople de radiadores.
- g. Aislar el conjunto relé Buchholz-válvula automática de flujo de aceite en la conexión del tanque ppal y conservador.
- h. Aislar el conjunto relé de flujo en la conexión del tanque conmutador deriv. y conservador.
- i. Toma de muestras de gases del relé Buchholz.
- j. Toma de muestras de aceite ubicadas en la parte superior, media e inferior de la cuba principal.
- k. Válvula de drenaje del tanque de expansión del conmutador bajo carga.
- l. Válvula de drenaje del conmutador bajo carga.
- m. Válvulas para igualar presiones en el tanque compensador el compensador elástico.
- n. Válvula de acople bomba de vacío
- o. Válvulas de cierre de las diversas tuberías de aceite.

Para el llenado del transformador, el PROVEEDOR colocará internamente soldado al estanque un elemento deflector para evitar el choque del aceite sobre los devanados. En su diseño se tendrá en cuenta que se evitará la acumulación de gases.

Adosada al transformador habrá una placa con el diagrama de estas válvulas con la indicación de su posición durante los tratamientos de aceite y la operación normal.

#### **4.1.6 Ruedas**

El tanque del transformador se suministrará con una base de acero estructural con apoyos adecuados para la colocación de gatos que permitan mover horizontalmente el transformador, completo y lleno de aceite. La base poseerá ruedas tipo ferrocarril, adecuado para soportar el peso total del transformador, incluyendo el aceite aislante y sus accesorios tanto en reposo como en movimiento.

Las ruedas serán de acero, fundido o forjado, con pestaña delgada, con superficie de rodamiento y ajustables en dos direcciones, que permitan un giro de 90° sin tener que retirar los elementos de fijación del conjunto rotatorio de su sitio, esto es, que sólo se requiera cambiar el sentido a la rueda para cambiar de dirección al movimiento del equipo, y serán adecuadas para el uso en una vía que tendrá rieles ASCE 70 de 34,7daN/m (70lb/yd) con una distancia entre ejes de las ruedas entre 1400 y 1530 mm, este valor deberá ser consultado al cliente.

El sistema de lubricación de las chumaceras será a base de grasa a presión.

Las ruedas serán suministradas con frenos para instalación una vez el transformador sea localizado en sitio de operación. Adicionalmente, suministrar pernos de anclaje por parte del fabricante de acuerdo al cálculo sísmico.

#### **4.1.7 Empaques**

Los empaques para registros, radiadores, válvulas y demás accesorios serán de material elastomérico de una sola pieza. El hule nitrilo para transformador o Polímero de Butadieno Acrilonitrilo es un nitrilo de máxima calidad, de propiedades mecánicas y resistencia a los aceites, grasas, hidrocarburos, excelente resistencia al envejecimiento. Este hule grado transformador es especial para utilizar como empaque en los transformadores o empaque nitrilo NBR dureza shore 80.

Los empaques estarán instalados en ranuras maquinadas para satisfacer las condiciones de operación y ambientales durante la vida esperada del transformador. Estarán indicados claramente en una lista de partes que será incluido en el instructivo de mantenimiento del transformador. Empaques de dimensiones grandes, que no sea posible fabricarlos en una sola pieza y que sean requeridas uniones, estas serán vulcanizadas.

#### **4.1.8 Radiadores**

El transformador estará provisto de un juego apropiado de radiadores para el enfriamiento del aceite por convección, su construcción y operación será independiente entre sí. El número de radiadores se diseña con el objeto de no exceder las temperaturas permisibles indicadas en la Norma IEC 60076-2.

Los radiadores serán diseñados y probados para soportar las condiciones de presión de vacío y sobrepresión especificadas para el tanque principal. Los radiadores serán del tipo panel, desmontables por medio de bridas. Los radiadores se dimensionarán de tal modo que, al desmontar uno de ellos, la capacidad del sistema de refrigeración no afecte la capacidad del transformador.

Los radiadores serán diseñados para ser accesibles con fines de inspección, limpieza y pintura, para prevenir acumulación de agua en las superficies exteriores y para prevenir la formación de gas o bolsas de aire cuando el tanque esta siendo llenado. Los radiadores serán idénticos e intercambiables.

Cada uno de los radiadores del transformador tendrán válvulas de acoplamiento superiores e inferiores con indicador de posición, las válvulas serán desmontables, estarán bridadas al tanque y proporcionaran un cierre hermético y podrán ser bloqueadas en la posición cerrada, convenientemente dispuestas, diseñadas de tal forma que pueda ponerse y sacarse de servicio sin afectar el funcionamiento del transformador. Tendrán dispositivos que permitan desmontarlos totalmente, así como válvulas para ventilación o purga de aire en la parte superior y drenaje de aceite en el fondo. Los tapones de purga y drenaje no se localizarán en las bridas del radiador. Todos los radiadores estarán provistos de orejas de izado. Las dimensiones de las válvulas serán congruentes con el diámetro de la tubería utilizada en los cabezales de los radiadores.

Los radiadores tendrán espacio suficiente para poder instalar o desmontar los ventiladores, estando el transformador en operación.

Los radiadores serán fabricados en lámina de acero, luego galvanizados en caliente y por último pintados en toda su superficies exterior con un acabado igual al descrito para el transformador.

#### **4.1.9 Devanados y aislamiento**

Se describen a continuación las carecterísticas constructivas y de conexionado de los devanados del transformador de potencia.

Los devanados primario, secundario y terciario (si es requerido), serán de cobre electrolítico de alta pureza, de conductividad mínima del 99.9 % a 20°C. También puede solicitarse que: Los devanados principales deben ser construidos con conductor transpuesto CTC (conductor transpuesto continuo), clase térmica 120°C, normas ASTM B48, IEC 60317-18 se debe garantizar

que el conductor elegido cumpla con los requerimientos de diseño para los esfuerzos dinámicos y los aumentos de temperatura solicitados.

Todos los materiales usados para la construcción de los devanados y las conexiones serán nuevos y compatibles con el líquido aislante y con la temperatura máxima presente bajo condiciones normales y máximas de operación sin variar sus características eléctricas y mecánicas.

Los devanados serán ensamblados en sus núcleos y asegurados para evitar deformaciones o daños durante su transporte, servicio, cambios de temperatura, esfuerzos severos producidos por corrientes de corto circuito o movimientos sísmicos.

Se usaran conexiones atornilladas en los bujes pasatapas de baja tensión. En los bujes pasatapas de alta tensión se pueden utilizar conexiones atornilladas del lado del líquido aislante y/o guías de cable pasado. Todas las conexiones tendrán contratueras y seguros que garanticen la confiabilidad del apriete y la baja resistencia de contacto de la conexión durante la operación y vida esperada del transformador. Las conexiones (conectores y terminales) estarán libres de puntas y fillos que produzcan descargas parciales y/o efecto corona en el líquido aislante.

El diseño de los devanados minimizará las fuerzas desbalanceadas del transformador. La ubicación de las derivaciones sobre los devanados será tal que se mantenga el balance electromagnético del transformador en todas las relaciones de tensión.

La clase de aislamiento de los devanados estará acorde con lo establecido en la Norma IEC 60085, la cual establece: "para todas las clases de devanados sumergidos en aceite y sellados herméticamente" una temperatura límite de calentamiento de 65 °C.

El tipo de papel que se utilice en la construcción de los devanados será termo estabilizado y todos los materiales del aislamiento sólido resistirán sin sufrir deterioro, aumentos de temperaturas de 65 °C sobre una temperatura ambiente máxima promedio anual de 42 °C y promedio de 30 °C (Estos datos podran variar de acuerdo a CTG's) o se debe utilizar papel termoestabilizado Clase E-120° o superior (acorde a CTG), apto para soportar las elevaciones de temperatura solicitados.

EL PROVEEDOR suministrará información del tipo de papel usado con el fin de facilitar el monitoreo de su degradación durante el tiempo de servicio a través del análisis del contenido de compuestos furánicos disueltos en el aceite. El grado de polimerización - DP (Degree of Polymerization, por sus siglas en inglés), mínimo aceptable del papel después del secado final será de GP 1000.

Los devanados de los transformadores, soportarán las pruebas dieléctricas establecidas en esta Especificación para el nivel de aislamiento asignado a cada devanado, así como los requerimientos de corto circuito y elevación de temperatura indicados.



El diseño y construcción de los conductores, aislamiento y blindajes será tal que no exceda el nivel de descargas parciales, no sólo en las tensiones de operación, sino también durante las pruebas dieléctricas.

El transformador totalmente terminado cumplirá con los valores de pruebas dieléctricas, del nivel de aislamiento, valores de prueba de impulso con onda completa, onda recortada y valores de prueba de baja frecuencia.

Los devanados y el núcleo completamente ensamblados se secarán al vacío o mediante una combinación de vacío-temperatura u otro sistema debidamente probado, sin que se exceda la temperatura máxima del nivel de aislamiento especificada. El PROVEEDOR incluirá dentro de los reportes de pruebas, las curvas del proceso de secado (temperatura, vacío, extracción de agua por hora masa de aislamiento, factor de potencia de aislamiento, resistencia de aislamiento vs. tiempo), firmadas por el supervisor de aseguramiento de calidad de la planta y el interventor.

#### **4.1.10 Devanado de compensación**

Los transformadores de potencia con grupo de conexión Y-Y, se suministrarán con devanados de compensación, a solicitud en la CTG podrán tener un devanado de compensación cargable o no cargable.

Para propósitos de esta especificación técnica, el término “devanado de compensación” será entendido para hacer referencia a un devanado conectado en delta el cual será suministrado para propósitos de compensación solamente, y no para conexión a cargas o fuentes de potencia externas.

Será un devanado auxiliar que cumplirá con los siguientes objetivos:

- Para proteger al transformador y al sistema de tensiones excesivas de tercer armónico.
- Para estabilizar el punto neutro de la frecuencia fundamental de las tensiones.
- Para prevenir interferencia telefónica debido a corrientes y tensiones de tercer armónico en líneas y tierra.
- Para conexión de la delta de compensación del transformador, se deben llevar las conexiones correspondientes a una esquina de la delta a dos (2) bujes sobre la tapa de la cuba para cerrar el devanado estabilizador y se deberá garantizar que en esta condición los terminales de la delta de compensación soportarán las sobretensiones transferidas de los otros devanados.

Es responsabilidad de EL PROVEEDOR del transformador de potencia el diseño, selección y dimensionamiento del devanado de compensación que cumpla los objetivos técnicos para los cuales están especificados.

#### 4.1.11 Sistema de enfriamiento

Los transformadores serán del tipo sumergidos en aceite, con devanados de cobre, podrán ser refrigerados por circulación natural del aceite (convección) ONAN o refrigerados por circulación natural del aceite y en forma forzada por aire: ONAN-ONAF (IEC 60076-1).

##### 4.1.11.1 Sistema refrigeración natural: ONAN

El transformador estará equipado con un número suficiente de radiadores y será capaz de suministrar la potencia requerida en cada etapa de refrigeración, sin sobrepasar los siguientes límites de elevación de temperatura sobre el ambiente, del aceite y de los devanados: Estos valores serán de 60°C de aumento de temperatura del aceite superior, y 65°C de elevación de temperatura promedio de los devanados, medida por resistencia. Se aplicarán las correcciones indicadas, de acuerdo con las condiciones de servicio establecidas en estas especificaciones.

Los radiadores serán pintados en todas las superficies exteriores, serán removibles y estarán conectados al tanque por medio de bridas de acero, maquinadas, soldadas al radiador y al tanque, provistas de empaquetaduras de nitrilo.

Cada conexión de radiador sobre el tanque estará provista de una válvula de cierre tipo mariposa, que pueda ser bloqueada en la posición cerrada y en la posición abierta, que permita remover el radiador sin sacar del servicio el transformador. Una brida ciega separada, a prueba de aceite, se proveerá en cada conexión para cerrarse cuando el radiador esté desmontado.

Cada radiador tendrá argollas de izaje, un tapón de drenaje de aceite en el fondo y un tapón de ventilación o purga en la parte superior. Los tapones de purga y drenaje no se localizarán en las bridas del radiador.

##### 4.1.11.2 Sistema refrigeración forzada: ONAF

El sistema de enfriamiento ONAF. (Aislamiento en aceite mineral, enfriado por aire por convección natural y aire natural forzado) cumplirá con lo especificado en las normas IEC 60076-1, o equivalente. Estará constituido por un sistema de ventiladores convenientemente instalados sobre el sistema de radiadores teniendo en cuenta las condiciones ambientales (Tipo IV) y por un sistema de control automático manejado por detectores de temperatura del aceite y de temperatura de los devanados del transformador.

Los transformadores con refrigeración forzada, contarán con los motoventiladores en número y potencia necesarios para no exceder las temperaturas máximas permisibles señaladas en la norma IEC 60072-2.

El control de los pasos de enfriamiento se hará con base en cambios de temperatura, esto es, por un termómetro de imagen térmica de devanados que considere los efectos de la temperatura del aceite aislante y de la corriente de carga en el transformador. Los transformadores dispondrán de un termómetro en cada devanado; exceptuando el devanado de compensación cuando este NO es cargable.

El control del equipo de refrigeración forzada se hará en forma MANUAL- AUTOMÁTICA, seleccionado por medio de un interruptor de operación. Cuando se seleccione "AUTOMÁTICO", el sistema de refrigeración será iniciado por los contactos en el relé térmico o en los relés térmicos auxiliares. En "MANUAL", el sistema de refrigeración arrancará y parará por medio de pulsadores ON- OFF. El selector MANUAL- AUTOMÁTICO será suministrado con un conjunto de contactos para indicación remota.

Los motores de los motoventiladores serán trifásicos 208-120 V c.a., 60 Hz y cumplirán como mínimo con los siguientes requisitos:

- Totalmente cerrados.
- Sistema de rodamiento de bolas con doble sellado, lubricados con grasa para servicio pesado.
- Motor a prueba de agua, con un reten en la flecha que lo proteja contra el agua.
- Todas sus partes internas, incluyendo el rotor y piezas pequeñas estarán protegidas contra la corrosión.
- Motores diseñados para trabajar en cualquier posición.
- Servicio intemperie.
- Clase de aislamiento tipo F.
- Motor con drenes que permitan drenar la condensación interna.
- El sistema se suministrará con todos los contactores, relés, lámparas indicadoras, dispositivos de protección termomagnéticos para el control de la refrigeración forzada.

Los ventiladores contarán con aspas para servicio pesado de una pieza de fundición de aluminio, diseñados para una alta eficiencia y bajo nivel de ruido.

Contará con una rejilla protectora frontal y trasera galvanizada en caliente para una vida útil larga en condiciones ambientales severas y prevenir la entrada de objetos mayores a 12,5 mm de diámetro (grado de protección IP 20, según la Norma IEC 60529) hacia las aspas. Serán balanceados como unidad completa.

Se diseñarán para el funcionamiento continuo a la intemperie con un grado de protección mínima de IP 44 según la Norma IEC 60529.

A efectos de limitar el nivel de ruido, serán montados con dispositivos antivibratorios, y se admitirá una velocidad de giro máxima de 950 r.p.m., siendo el promedio máximo admisible no superior a los 60 db. El soporte de montaje de los ventiladores serán adecuados para el ambiente tipo IV.

El control del sistema de refrigeración forzada del transformador estará centralizado y localizado en el tablero de control local del transformador, operará a 125 V c.c.

Las memorias de cálculo para la selección del sistema de refrigeración forzada, será presentado para aprobación de AFINIA.

#### **4.1.12 Conmutador de derivaciones bajo carga- CDBC (OLTC On Load Tap Changers)**

El transformador contará con un conmutador de derivaciones bajo carga “de conmutación en vacío” que estará montado en la tapa del tanque principal. El conmutador funciona como un interruptor selector de posiciones, el conmutador estará ubicado en un compartimento de aceite separado y conectado con su propio conservador; puede levantarse para inspección y el aceite en el compartimento puede ser cambiado independientemente. El conmutador bajo carga se acciona por muelle de gran velocidad y dispone de resistencias de transición para limitar la corriente. El conmutador de derivaciones dispondrá de un relé de control y protección. Este cumplirá con los requisitos de las normas IEC 60214-2 Tap-changers e IEC 60076, tipo botellas de vacío, fabricados según las normas IEC 60214.

El conmutador bajo carga estará provisto de un accionamiento motorizado para control local y remoto (a distancia). El motor será trifásico y la unidad de control y los circuitos de calentamiento son para alimentación monofásica c.a.

##### **4.1.12.1 Generalidades**

El transformador de potencia estará equipado con un conmutador de derivaciones operado eléctricamente, con el transformador energizado: “Bajo Carga”, apto para control automático y manual.

El conmutador de derivaciones constará de un interruptor de desviación, un selector de derivaciones, un mecanismo motorizado y elementos de control, será un sistema completamente compatible con el del transformador existente( cuando aplique), que permitan la operación automática del paralelismo de las dos unidades.

El conmutador de derivaciones estará localizado en el devanado primario del transformador, lado de AT.

El conmutador tendrá las mismas características que el transformador en relación con la capacidad de soportar cortocircuito y sobrecarga, incluso coincidiendo con una operación, niveles de aislamiento y otras características aplicables. La corriente de paso asignada al cambiador de derivaciones corresponderá con la que se derive de las potencias en condiciones de operación normal y de emergencia del transformador sin presentar calentamiento en el equipo.

El conmutador estará en un compartimiento individual separado que evite la contaminación del aceite del transformador y que resista las mismas condiciones de presión y vacío del tanque principal, con un diseño tal que permita examinar, reparar o remover la pieza sin bajar el nivel de aceite del tanque principal ni hacer desconexiones adicionales de tuberías.

El mecanismo motorizado será accionado por un motor trifásico 208-120 V c.a., 60 Hz y tensión de control de 125 V c.c.

El conmutador contará con un gabinete de control y protección adosado al transformador. El material de la caja y la puerta será aluminio fundido (o acero inoxidable) resistente a la corrosión y tendrá protección IP 56, según la Norma IEC 60529, contendrá el motor, el freno magnético, el contador de operaciones, el indicador de posición, la manivela y los aparatos y accesorios para control e indicación de posición tanto local como remota (sala de control). El gabinete será pintado en todas las superficies interiores y exteriores utilizando el mismo proceso y color del acabado del autotransformador.

El conmutador dispondrá de contactos de alarma para señalar en el sistema de control de la subestación condiciones anormales como mecanismo atascado, paso incompleto, indicador de nivel de aceite bajo, las acciones por protecciones del relé de flujo de aceite y del alivio de presión del tanque del conmutador.

El conmutador de derivaciones bajo carga se suministrará con contactos libres de potencial y salida de 4-20 mA para la indicación de posición y con dos salidas BCD.

El mecanismo motorizado estará provisto de un freno operado magnéticamente para garantizar un control preciso del conmutador y de suiches límites conectados en el circuito de control que impidan la sobrecarrera del motor.

Para operación manual directa se suministrará una manivela o palanca removible con alarma por esta operación. El sitio para empotrar y accionar la manivela será adecuado para que una persona pueda maniobrarla convenientemente desde el piso.

Se proveerán todos los enclavamientos eléctricos y mecánicos necesarios para que cuando la manivela esté empotrada, no sea posible el accionamiento del conmutador de derivaciones por medio de mecanismo motorizado. Eléctrica y mecánicamente se evitará el sobrepaso en sus posiciones extremas.

El equipo motorizado del conmutador de derivaciones bajo carga tendrá la posibilidad de ser accionado mediante conmutadores de control local (en el sitio) y remotos desde la sala de control de la Subestación y desde el Centro de Control de AFINIA (Niveles de control 0 - 1 y 2).

#### 4.1.12.2 Esquema de control del conmutador de derivaciones

El esquema de control para operación manual o eléctrica, local o remota del conmutador de derivaciones cumplirá con las siguientes especificaciones:

- La operación por motor no será posible cuando se emplee la operación manual directa.
- No será posible el control eléctrico simultáneo desde dos o más sitios.
- Cada cambio de derivación requerirá iniciación separada desde el lugar de control, es decir, que cuando el control sea movido ya sea para subir o bajar, el mecanismo de operación solamente cambiará un paso aún cuando la acción se siga manteniendo sobre el control.
- La dirección del cambio de derivación se indicará claramente en todos los conmutadores de control eléctrico y en el equipo de operación manual directa.

El esquema de control asegurará que una vez iniciado un cambio de derivación, ésta operación tendrá que ser finalizada sin tener en cuenta la operación de los conmutadores de control.

Cuando por alguna contingencia se inhabilite la terminación exitosa de un cambio iniciado, por ejemplo por falla del suministro de servicios auxiliares, el transformador y todos sus equipos asociados serán convenientemente protegidos mediante innovaciones apropiadas en el esquema de control.

Todos los interruptores, instrumentos y relés serán suministrados con placas que identifiquen su función. Las inscripciones serán en Español con letras y números acordes con planos Z.

El esquema de control estará previsto para la operación en paralelo con unidades existentes.

#### 4.1.12.3 Relé regulador de tensión y operación en paralelo

El relé regulador de tensión y operación en paralelo (90) será suministrado en forma independiente para el control automático del conmutador del transformador, con sus protocolos de prueba, planos de conexionado, instrucciones de servicio e información técnica correspondiente para montaje operación y puesta en servicio por AFINIA. El regulador de tensión a suministrar debe tener el protocolo de comunicación IEC-61850 configurable a Ed. 1 ó Ed. 2 bajo interfaz óptica para integrarse al sistema de control de la subestación. Asimismo, tener la capacidad de operar en redes PRP. Adicional, contará con las siguientes características:

- Indicación de regulador Manual/Automático
- Indicación Regulador Local/Remoto
- Medida de la posición del cambiador.
- Indicación de falla interna regulador
- Indicación de sobre voltaje
- Indicación de bajo voltaje.
- Indicación falla regulación
- Indicación de cambiador en movimiento

- Medida del voltaje actual del barraje.
- Comando Subir/Bajar cambiador
- Comando Manual/Automático
- Con Protocolo IEC61850
- Con Protocolo DNP 3.0 serial con salida RS-485 y Protocolo DNP 3.0 LAN con salida en puerto Ethernet nativo (no convertidor de protocolo externo) con conector RJ-45
- Todas las variables que concentra el equipo se deben poderse transmitir a través del protocolo de comunicaciones IEC 61850 y DNP3.
- El equipo debe permitir gestión y parametrización local y/o remota mediante un software que se debe suministrar con el equipo.

El relé permitirá la operación de dos transformadores en paralelo mediante un selector “Maestro – Seguidor (esclavo)” y control de corrientes circulantes.

#### **4.1.12.4 Tanque conservador del conmutador de derivaciones bajo carga CDBC (OLTC)**

Este tanque permitirá el escape de los gases producidos por la conmutación del cambiador de derivaciones bajo carga y será independiente del tanque de expansión del aceite del tanque principal.

Contará con medios de drenado, llenado y toma de muestras, indicador de nivel de aceite con alarma por bajo nivel, con protección contra sobrepresiones internas.

El intercambio con el medio exterior se hará a través de un sistema deshidratador (secador) de sílica gel libre de mantenimiento. Ni el cambio del sílica gel ni la limpieza u otros trabajos de mantenimiento deben ser necesarios. El (los) secador(es) debe(n) ubicarse a 1.5m del nivel del suelo. Cada secador debe ser equipado con una unidad de control inteligente en base a la condición del medio secante. Un filtro sintermetálico al fondo del secador debe proteger el sílica gel contra influencias externas.

Esta prohibido el uso de silicagel azul que contenga cobalto.

#### **4.1.13 Sistema de control de la subestación**

En este modo el control del transformador se lleva al SAS (Sistema de Automatización de la Subestación), señales de temperaturas de aceite, devanados y las alarmas e indicaciones de actuación de los relés de protección y control, de acuerdo con la lista de señales definida para el SAS.

EL PROVEEDOR tendrá en cuenta en el alcance del suministro de accesorios del transformador de potencia, que el número de señales y contactos dependerán del sistema de control que tenga cada sitio de instalación, por lo que éstos serán acordados entre EL PROVEEDOR y AFINIA en la etapa de revisión del diseño detallado.

EL PROVEEDOR suministrará en borneras, los contactos libres de potencial de cada uno de los elementos y equipos de control para alarmas, disparos por protección propios del transformador de potencia y salidas de indicación con señales de 4 a 20 mA que permitan el control y monitoreo remoto.

#### 4.1.14 Aceite dieléctrico para transformador

Se describen a continuación las características del aceite aislante.

##### 4.1.14.1 Generalidades

El aceite dieléctrico aislante será mineral nuevo, **inhibido tipo 2 (Este podrá cambiar de acuerdo a la CTG's)** y de ser requerido podría solicitarse tipo vegetal, para utilización específica en transformadores de alta tensión y gran potencia, suministrados en los equipos y en tambores.

Los aceites aislantes minerales serán obtenidos a partir de crudos de base predominantemente nafténica o parafínica. Será resistente a la oxidación y a la formación de lodos. Se indicaran sus características principales y su composición típica. Las características de composición y pureza del aceite nuevo a suministrar, cumplirá con lo indicado en la norma IEC 60296 (para clase 2).

El aceite estará libre de humedad, ácidos, álcalis o compuestos sulfúricos (Azufre corrosivo) y no formará precipitado bajo temperaturas de operación.

El aceite cumplirá con los siguientes requerimientos:

- Proveer una alta rigidez dieléctrica, tanto en condiciones normales como de impulso.
- Permitir una buena transferencia de calor.
- Tener una baja viscosidad.
- Tener un alto índice de seguridad por la inflamación y fuego.
- Prevenir la corrosión de los materiales aislantes y estructurales del transformador.
- Tener una baja tendencia a la formación de gases combustibles bajo esfuerzos eléctricos en operación normal.
- Resistencia a la oxidación.
- Facilitar las tareas de mantenimiento preventivo para su reacondicionamiento (eliminación de humedad y sólidos por medios mecánicos).
- Asegurar una vida larga de servicio y una alta estabilidad química.

Bajo ningún motivo se aceptará como medio líquido aislante y refrigerante compuestos dieléctricos tales como; Askarel, Clophen, o similares bioagresivos, usualmente conocidos como PCB's.



Se suministrará suficiente aceite aislante para llenar hasta los niveles apropiados el tanque del transformador de potencia, aisladores, cambiador de derivaciones y bujes, más un adicional del cinco 5%, todo a ser despachado en canecas de 55 galones.

EL PROVEEDOR entregará las especificaciones completas del aceite incluido en el suministro e informará, el nombre de los aceites y lubricantes de por lo menos dos marcas disponibles en Colombia equivalente a los suministrados. Adjuntando el catálogo del aceite.

El aceite aislante nuevo cumplirá con los requisitos de la norma IEC 60296, "Fluids for electrotechnical applications- unused mineral insulating oils for transformers and switchgear " o ANSI C59.2, "Electrical insulating Oils, methods of testing".

EL PROVEEDOR suministrará los certificados de cumplimiento del aceite con esta norma (antes de procesarlo en el transformador). Suministrará los protocolos de ensayos de rutina del aceite después del proceso de adecuación del aceite y antes del llenado del transformador.

Las pruebas realizadas sobre las muestras de aceite cumplirán los requisitos exigidos por las normas aplicables para la aceptación de aceite aislante para equipos eléctricos.

#### 4.1.14.2 Pruebas al aceite dieléctrico

PROPIEDADES	UNIDADES	METODO ENSAYO ASTM	DATOS GARANTIZADOS		VALORES TÍPICOS
			MIN	MAX	
<b>Físicas</b>					
Apariencia		D 1524	Clear and bright		
Densidad, 15°C	kg/dm <sup>3</sup>	D 1298		0.91	0.881
Viscosidad, 40°C	mm <sup>2</sup> /s	D 445		12.0	9.5
Viscosidad, 100°C	mm <sup>2</sup> /s	D 445		3.0	2.4
Viscosidad, 0°C	mm <sup>2</sup> /s	D 445		76	60
Punto de Inflamación, COC	°C	D 92	145		152
Punto de Fluidez	°C	D 97		-40	-51
Punto de Anilina	°C	D 611	63	84	80
Color		D 1500		0.5	<0.5
Tensión Interfacial 25°C	mN /m	D 971	40		47
<b>Químicas</b>					
Acidez total	mg KOH/g	D 974		0.03	<0.01
Azufre corrosivo		D 1275 B	no corrosivo		no corrosivo
Antioxidante, fenoles	Peso %	D 2668		0.3	±0.3
Contenido en agua	ppm	D 1533		35	<20
Contenido en PCB	ppm	D 4059	no detectable		no detectable
<b>Eléctricas</b>					
Factor de pérdidas dieléctricas a 100°C	%	D 924		0.3	<0.1
Tensión de ruptura					
- Entregado	kV	D877	30		45
- Entregado	kV	D 1816 (0.08*gap)	35		42
- Después de tratamiento	kV	D 1816 (0.08*gap)	56		>70
- Por Impulsos	kV	D 3300	145		>300
Tendencia a la gasificación	µl /min	D 2300B		+30	+15
<b>Estabilidad a la oxidación</b>					
Después 72 h:		D 2440			
Lodos	Peso %			0.1	<0.01
Índice de Acidez	mg KOH/g			0.3	<0.01
Después 164 h:					
Lodos	Peso %			0.2	<0.01
Índice de Acidez	mg KOH/g			0.4	0.01
Bombas Rotativas	minutos	D 2112	195		276

Tabla con valores estandarizados:

#### **4.1.15 Nivel de ruido audible**

El nivel de ruido audible promedio del transformador se ajustará a las disposiciones reglamentarias establecidas para los niveles de ruido admitidos por el MINISTERIO DE SALUD, Resolución 8321 del 4 de agosto de 1983 y la Resolución 0627 del 7 de abril de 2006 del MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL de la República de COLOMBIA o El nivel de ruido podrá ser definido en la ficha técnica.

#### **4.1.16 Pintura**

La pintura exterior del transformador resistirá, sin deteriorarse, las condiciones atmosféricas para servicio permanente a la intemperie, en el ambiente indicado en el ítem 3.2 "Condiciones de servicio". La pintura se aplicará considerando las mejores técnicas y con pinturas de reconocida calidad, procesos, acabados y color exterior sujeto a la aprobación de AFINIA.

Se describe a continuación las características de los acabados:

##### **4.1.16.1 Acabado interno**

La superficie interior del tanque se limpiará con abrasivos a presión, de manera que queden libres de oxidación y otras impurezas, hasta brillo metálico y se pintarán con dos capas de pintura anticorrosiva a base de resina epóxica. El mismo tratamiento se aplicará a los elementos metálicos internos de sujeción antes de su fijación a la cuba.

##### **4.1.16.2 Acabado externo**

Toda la superficie exterior del tanque, así como los radiadores, la tapa del transformador, el tanque conservador y accesorios, excepto las partes galvanizadas, se limpiarán con un proceso abrasivo que permita obtener metal blanco.

Luego de la limpieza todas las superficies exteriores serán pintadas con dos capas de imprimante (wash primer) o aceite humectante, luego dos (2) capas de pintura anticorrosiva y dos (2) manos de pintura sintética de color "Gris claro" (RAL 7035).

El espesor total externo estará en el rango de 265 a 295  $\mu\text{m}$ .

Las partes o piezas de hierro en que no sea técnicamente recomendable aplicar pintura y que están sujetas a corrosión se someterán a galvanización en caliente de acuerdo a las normas ASTM.

La pintura cumplirá con las exigencias de resistencia a la humedad y a la niebla salina en condiciones normales.

Ensayos sobre paneles pintados: Se realizaron ensayos acelerados en cámara de niebla salina de acuerdo a la norma ASTM D 117 y en cámara de humedad de acuerdo a la norma ASTM D 2247.

Asimismo resistirá un impacto mínimo de 6 cm-kg (ensayos de acuerdo a la norma ASTM D2794), y los efectos del transporte marítimo desde la fábrica.

La adherencia de la pintura será similar o mejor a la estipulada como clase 3 en la norma ASTM D3359.

Se confeccionaran chapas de muestra (testigos) para pruebas.

#### 4.1.16.3 Pruebas

El PROVEEDOR realizará pruebas y ensayos a las chapas de muestra, pintadas con el mismo procedimiento que se pinte el transformador, con el propósito de garantizar que ésta cumple con todos los requerimientos de duración, espesor, adherencia y resistencia al impacto, de acuerdo a las normas ASTM correspondientes.

#### 4.1.17 Accesorios de protección y control

Los accesorios tendrán una vida útil similar a la del equipo. La información a suministrar por EL PROVEEDOR contendrá los criterios de selección de cada uno de los dispositivos de protección y control y en cada catálogo señalará el modelo o tipo que se ha escogido.

Estos dispositivos serán a prueba de intemperie, tener mínimo grado de protección IP 65, según la Norma IEC 60529, incluso sus cajas de conexión y tener contactos libres de potencial para operar en un sistema de 125 V c.c.

Las protecciones propias del transformador accionarán relés repetidores rápidos (tiempo de operación menores de 3 ms) para alarmas, situados en el gabinete de control del transformador, los cuales las enviarán, con contactos libres de potencial, a los sistemas de protecciones y a la sala de control de la subestación y/o centro de control de AFINIA.

El esquema de cableado será suministrado con el número de contactos recomendado para cada accesorio del transformador, considerando **que las señales de disparo no pasarán por relés repetidores.**

El transformador estará provisto como mínimo de los siguientes accesorios de protección y control:

#### 4.1.17.1 Válvula de alivio de presión

Dispositivo de alivio de presión tipo válvula, estará localizado sobre la cubierta superior del transformador y será de tamaño adecuado para proteger el tanque (en un caso el tanque principal y en otro el tanque del conmutador de derivaciones) contra una sobrepresión interna, cada una tendrá dos contactos auxiliares normalmente abiertos, libres de potencial para indicar su operación en el sistema de control y además una señal visual observable desde el piso que indique su operación. Después de operar la válvula se cerrará automáticamente.

La válvula de alivio de presión del tanque principal tendrá una protección para impedir que en su operación el aceite se derrame sobre la parte superior del tanque del transformador, conduciendo el aceite por un ducto al foso.

#### 4.1.17.2 Dispositivos indicadores de temperatura

Se describen a continuación los indicadores de temperatura:

##### a. Temperatura del aceite

Los transformadores de potencia tendrán un sistema de medida de temperatura del punto más caliente del aceite, constituido principalmente de un bulbo, un capilar y un indicador. El bulbo estará ubicado en la parte más caliente del aceite.

El indicador de temperatura tendrá mínimo grado de protección IP 65, según la Norma IEC 60529.

El sistema de detección y medida de temperatura de aceite estará provisto de al menos dos (2) juegos de contactos libres de potencial, normalmente abiertos y ajustables independientemente que se cerrarán automáticamente en secuencia con el aumento de temperatura, para cumplir con funciones de control automático de alarmas y disparos.

El termómetro “a cuadrante” estará graduado en grados centígrados, con aguja para indicación de la temperatura máxima registrada, tendrá una exactitud de 1°C en la gama de temperaturas entre 80°C y 100°C.

La caja se fijara en posición vertical en uno de los lados del transformador, a una altura no mayor de 1,60 m del nivel de apoyo de las ruedas, en un lugar fácilmente accesible.

Se evitara la transmisión de vibraciones que puedan perturbar su buen funcionamiento, para lo cual la caja contará con un soporte especial amortiguador. El tubo capilar será anclado mediante grampas, a intervalos no superiores a 500 mm debiendo evitarse las curvaturas cerradas (radio mínimo 50 mm). Será apto para intemperie, hermético e inalterable a los agentes atmosféricos (cuadrante con caracteres indelebles); sus contactos auxiliares estarán aislados a 1000 V entre sí y a masa. La acometida del tubo capilar a la tapa de la cuba quedara perfectamente protegida frente a los posibles desplazamientos del personal de mantenimiento sobre ella.

Se incluirán señales de 4-20 mA para indicación remota de la temperatura del aceite.

**b. Detectores de temperatura de devanados**

El transformador de potencia contará con un sistema de medición de la temperatura del punto más caliente de los devanados (primario, secundario y terciario), del tipo “Imagen térmica” cuyos indicadores estarán ubicados al lado del indicador de temperatura de aceite. Provistos de una escala que pueda leerse fácilmente. Si el devanado terciario es no cargable, no se requiere termómetro en este devanado..

Los contactos operarán con valores de temperatura entre 50 °C y 120 °C.

Este dispositivo sirve para simular la temperatura que tiene el devanado del transformador. Es básicamente un indicador de temperatura con una resistencia. La resistencia es alimentada de una corriente de magnitud proporcional a la que circula en el devanado a través de un transformador de corriente situado sobre la salida del devanado a medir. La resistencia es instalada en el instrumento. El valor de la corriente que circula a través de la resistencia es tal que eleva la temperatura a un valor igual que el punto caliente dentro del devanado. Así, la temperatura es simulada dentro del indicador.

En forma similar al termómetro de aceite, en el termómetro del devanado con imagen térmica el tubo capilar será anclado mediante grapas, a intervalos no superiores a 500 mm debiendo evitarse las curvaturas cerradas (radio mínimo 50 mm). Será apto para intemperie, hermético e inalterable a los agentes atmosféricos (cuadrante con caracteres indelebles); La acometida del tubo capilar a la tapa de la cuba quedará perfectamente protegida frente a los posibles desplazamientos del personal de mantenimiento sobre ella. El instrumento tendrá compensación por temperatura ambiente.

Se proveerá un gabinete de protección para los dispositivos de medición de temperatura, con grado de protección IP 65 y demás características plasmadas en el Anexo II de las presentes especificaciones.

El dispositivo estará provisto con un conjunto de cuatro (4) contactos de autoreposición, eléctricamente independientes, para cerrarse sucesivamente a cuatro (4) sucesivos aumentos de temperatura y que servirán para los siguientes propósitos:

- Control de ventiladores de refrigeración forzada (primer y segundo paso).
- Inicio de una alarma cuando se ha alcanzado la temperatura máxima de seguridad del devanado (tercer paso).
- Disparo de los interruptores o reconectores asociados con el transformador.

Dependiendo de los ajustes pre-establecidos, acciona los contactos para control de dispositivos, comando de alarmas y disparos.

Se incluirán salidas de 4-20 mA para indicación remota de temperaturas de los devanados del transformador.

#### **4.1.17.3 Relé detector de gas: relé BUCHHOLZ**

Los transformadores de potencia se proveerán con relés detectores de gas, tipo Buchholz (sismoresistentes), con dos flotadores: uno con un contacto eléctricamente independiente para dar una alarma cuando se desarrollen fallas leves (incipientes) y operará por acumulación de gases y/o vaciamiento del depósito de expansión debido a pérdidas de aceite, un segundo flotador con dos contactos eléctricamente independiente para el disparo de los interruptores o reconectores por fallas severas y operará por vaciamiento del depósito de expansión debido a pérdidas de aceite, por expansiones violentas que generan un flujo de aceite hacia el depósito de expansión, estas últimas provocadas generalmente por fallas de corto circuito. No se aceptarán contactos de mercurio.

Se suministrará dispositivo para toma de muestra de gases, localizado en lugar accesible a personal de mantenimiento, elemento conectado directa y permanentemente con el relé buchholz.

#### **4.1.17.4 Relé de flujo de aceite del conmutador de derivaciones**

Este relé será inmune a las vibraciones propias del transformador y estará montado en la unión del (o los) recipiente (s) del conmutador de derivaciones bajo carga y su tanque de expansión.

Estará provisto de dos contactos auxiliares libres de potencial normalmente abiertos (NA) para indicar su operación en el sistema de control. El relé estará montado entre dos válvulas de aislamiento que permitan su fácil remoción para mantenimiento. Este relé será suministrado por el mismo PROVEEDOR del conmutador de derivaciones.

#### **4.1.17.5 Indicador de nivel de aceite de los transformadores y del CDBC**

Los indicadores de nivel de aceite (en el depósito de expansión) del transformador y del CDBC, de tipo magnético, equipados cada uno con dos contactos independientes NA/NC para 10A, 125 Vc.c. Serán ajustados en fábrica para operar con el nivel mínimo, el cual será indicado expresamente por el PROVEEDOR. La escala de los indicadores de nivel será graduada del "0" al "10" en una amplitud de 240°, indicando niveles mínimo, normal y máximo. Estos indicadores de nivel se instalarán con un ángulo de inclinación de 45°, para facilitar su lectura a un operador parado al pie de la base del transformador. Los indicadores serán instalados en sus respectivos recipientes conservadores.

Este instrumento proporcionará una indicación visual continua del nivel de aceite en el depósito de expansión del transformador, a la vez que permitirá señalización y control del mismo con un sistema de contactos.

Las dimensiones y escalas de los indicadores serán sometidas a la aprobación de la interventoría, asegurándose que desde el piso el operador pueda leer con claridad y certeza con las escalas seleccionadas.

#### **4.1.17.6 Relé de supervisión del tanque conservador**

El tanque conservador del tanque principal tendrá en su parte superior un dispositivo de presión que permita supervisar el correcto llenado de aceite después del montaje del transformador, o, luego de un tratamiento de aceite para verificar que no queden burbujas de aire o vacío en su interior, al tiempo que vigile la condición de la bolsa de nitrilo del tanque conservador.

Este dispositivo de protección permite detectar con prontitud la ruptura en la membrana del depósito de expansión del transformador, permitiendo visualizar la presencia de aire y manejar señalizaciones (visuales, sonoras, etc.) con el objetivo de prever las acciones correctivas, evitando la pérdida de las valiosas propiedades del aceite dieléctrico.

#### **4.1.17.7 Válvula automática de flujo de aceite (Válvula limitadora de flujo)**

Estará localizada entre el tanque conservador y el tanque principal a continuación de relé buchholz y su función es permitir el flujo normal de aceite debido a los cambios de temperatura propios del servicio, pero cerrará inmediatamente si ocurre alguna ruptura en los bujes, los radiadores o en el tanque principal para impedir la pérdida del aceite del tanque conservador y así disminuir el riesgo de incendio y no operará erróneamente con las condiciones sísmicas dadas para el sitio de instalación.

La válvula permitirá observar desde el piso su estado (abierta - cerrada) y llevar la señal de cerrada al sistema de control.

#### **4.1.17.8 Sistema de monitoreo y diagnóstico en línea para transformadores de potencia**

El Sistema de monitoreo y diagnóstico en línea para transformadores de potencia se aplicará a transformadores con potencias iguales o mayores de 100 MVA y/o a transformadores con tensiones mayores o iguales a 220 kV.

El sistema de monitoreo en línea tiene el propósito de conocer en tiempo real las condiciones de operación y el estado del sistema aislante de los transformadores de potencia, con el objetivo principal de detectar degradaciones incipientes que permitan tomar decisiones oportunas para reducir la probabilidad de fallas catastróficas en estos equipos.

El sistema de monitoreo en línea posibilitará evaluar las condiciones del equipo en operación, permitirá: vigilar diferentes parámetros, detectar el desarrollo de fallas incipientes y diagnosticar condiciones anormales en transformadores de potencia.



El sistema de monitoreo en línea de transformadores de potencia empleará transmisión inalámbrica de datos, por medio de la red de telefonía celular, así como la internet.

El sistema de monitoreo de transformadores básicamente está formado por tres módulos así:

- Módulo de sensores.
- Módulo del Sistema de Adquisición de Datos. (Los datos son adquiridos por los sensores instalados en los transformadores mientras el transformador se encuentra en operación).
- Módulo para el análisis de información denominado: Maestra de Control y operación. (utiliza una computadora maestra para análisis y procesamiento de información).

Los diferentes módulos cumplen objetivos básicos, y su trabajo integrado es esencial para el monitoreo en línea de los transformadores. Con la información histórica almacenada se construyen tendencias de las diferentes variables del transformador.

Las señales de los parámetros a medir en el transformador son recogidas por los sensores y enviados al Sistema de Adquisición de Datos. El módulo sistema adquisición de datos está formado por varios módulos de hardware y algunos otros con software, sin embargo, este módulo contiene un sistema inteligente que adquiere todos los datos de cada uno de los recursos, los cuales son enviados posteriormente a la PC Maestra de Monitoreo de los datos más significativos.

El módulo “maestra de monitoreo” ordena la información que se le solicita o envía, almacenándola en una Base de Datos. Además, proporciona las herramientas que le permitirán al usuario la explotación de la información, transformándola en gráficas particulares, de tendencia, de modelados matemáticos o presentación de alarmas.

Se monitoreará en línea lo siguiente: conservador de aceite, temperaturas de aceite y devanados, operación del CDBC, contenido de gases disueltos y humedad del aceite, operación del sistema de enfriamiento.

#### **4.1.17.9 Equipo analizador de gases disueltos para transformadores de conexión al STN o a solicitud expresa.**

El monitor de transformador en línea deberá permitir la obtención de medidas de mínimo, nueve (9) gases, 7 gases de falla (Hidrógeno H<sub>2</sub>, Monóxido de Carbono - CO, Dióxido de Carbono - CO<sub>2</sub>, Metano - CH<sub>4</sub>, Etano - C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>, Etileno -C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> y Acetileno -C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>) así como los 2 gases atmosféricos, Oxígeno O<sub>2</sub> y Nitrógeno N<sub>2</sub>, en forma independiente utilizando tecnología basada en Cromatografía Gaseosa.

El sistema deberá ser de mínimo mantenimiento, no debiéndose reemplazar los componentes claves como columna cromatografía, membrana o detector, durante la vida útil del equipo. Los gases de calibración y arrastre deberán tener una duración mínima de 4 años.

Los ciclos de medición deberán poder configurarse desde un mínimo de 6 lecturas por día hasta 18 lecturas diarias.

El equipo deberá también medir de forma directa el nivel de humedad disuelto en aceite en ppm o en porcentaje de saturación relativa.

Deberá soportar los siguientes protocolos de comunicación: MODBUS, DNP3, IEC 61850 a través de interfaces físicas como RS485 y Ethernet; deberá asimismo tener una interfaz USB para comunicación vía consola local, así como almacenar los datos, en memoria no volátil, por un periodo mínimo de 2 años.

Deberá permitir la configuración para distintos tipos de aceite, al aplicar el coeficiente de solubilidad correcto de cada gas, permitiendo de esta forma, brindar mediciones precisas y exactas para fluidos aislantes como aceite mineral, aceites vegetales (esteres naturales), sintéticos y siliconados.

El equipo deberá ser apto para soportar vacío y estabilizar la temperatura del aceite; el rango de temperatura de entrada de aceite deberá ser de -40°C hasta 120°C.

Deberá tener relés programables, alarmas, salidas y entradas analógicas 4-20mA. Los relés y alarmas deberán poder ser programados por valores absolutos de gases y por tendencia de crecimiento.

Deberá poseer un puerto de fácil acceso para muestreo de aceite.

#### **HUMEDAD EN ACEITE Y TEMPERATURA EN ACEITE**

El equipo deberá también medir el nivel de humedad disuelto en aceite en ppm o en porcentaje de saturación relativa

#### **ANÁLISIS DE GASES (OPCIONAL DE ACUERDO A CTG)**

Toda información debe registrarse con fecha y hora de generación

Posibilidad de almacenar hasta por lo menos dos años de datos en la memoria del monitor

Programación del cambio automático de la frecuencia de muestreo con la activación de una alarma cuando la tasa de cambio excede un valor a ser indicado. Debiendo ser posible detectar todos los gases al 100% en una hora.

Ejecución automática de auto-calibración periódica.

#### **ALARMAS**

Monitoreo del estado del equipo y establecimiento de alarmas. Para cada gas individual se debe contar con:

Programación de alarmas por incremento de concentraciones individuales en partes por millón (ppm) y en partes por millón por día (ppm/día) de todos los gases de falla

Contacto relé de alarma de gas o evento servicio (mantenimiento)

Contacto relé para estado de alimentación

### **SENSORES EXTERNOS**

El equipo también deberá ser capaz de monitorear la carga del transformador (opcionadamente) y la temperatura ambiente. Debe suministrarse además una sonda tipo RTD o similar para la medición precisa de la temperatura en el punto de toma del aceite.

### **ENTRADAS ANALÓGICAS**

Debe contar con al menos cinco (5) entradas analógicas 4-20mA o Pt100.

### **RELÉS DE ALARMA**

Debe contar con al menos seis (6) relés de alarma y (1) de Auto-diagnóstico NA/NC, 5 A @ 250 Vca, 5 A @ 30 Vcd

### **INDICADORES**

"El equipo deberá incorporar indicadores para:

- Equipo en operación
- Auto-diagnóstico
- Alarmas
- Señales de precaución"

### **COMUNICACIONES**

"Se deberá disponer de las siguientes interfaces:

- Dos 2 puertos Ethernet (10/100Base-TX, 100Base-FX),
- Un (1) puerto RS-485
- Un (1) Puerto de USB para comunicación local con software propietario.
- Puerto de fácil acceso para muestreo de aceite."

### **CONDICIONES DE OPERACIÓN**

- Temperatura de Operación: - 50°C a +55°C
- Humedad Relativa: 5 – 95 % sin condensación.
- Presión aceite: 0 a 45 psi (0 a 3 bar)
- Temperatura de almacenado: - 40°C a +75°C
- Humedad de almacenado: 5 – 95 % sin condensación"

### **REQUERIMIENTOS DE ALIMENTACIÓN**

- Voltaje: 110V a 240VAC  $\pm 10\%$
- Voltaje 100-240 Vdc  $\pm 10\%$
- Frecuencia: 60Hz
- Corriente: 6A máxima @ 115V / 3A máxima @ 230V"

### **GABINETE E INSTALACION**

Los monitores serán aptos para montaje en exterior y en ambientes agresivos.

El gabinete deberá ser de acero inoxidable, libre de mantenimiento, grado de protección NEMA 4, IP55.

Deberá suministrarse con su respectiva estructura, cables, tubería y cilindro con gas de arrastre y calibración, todos los acoples y accesorios necesarios para su correcta instalación y funcionamiento

### **CERTIFICACIONES / ESTÁNDARES**

Se debe cumplir con los siguientes estándares:

"- EN 61326 Class A: 2002

Metodo de prueba

EN 61326: 2002 Emisiones Radiadas

EN 61326: 2002 Emisiones Conducidas

- EN 61326 Anexo A: 2002

Metodo de prueba

IEC61000-4-2: 2001 Inmunidad Descargas Electrostáticas (ESD)

IEC61000-4-3: 2002 Inmunidad a la RF Radiada de Campos Electromagnéticos

IEC61000-4-4: 2004 Inmunidad a Ráfagas Eléctricas Rápidas (EFT)

IEC61000-4-5: 2001 Inmunidad a Sobrecargas

IEC61000-4-6: 2004 Inmunidad a RF Conducida

IEC61000-4-8: 2001 Inmunidad a Campos Electromagnéticos

IEC61000-4-11: 2004 Bajadas de Voltaje, Cortas Interrupciones y Variaciones de Voltaje

- EN 61000-3-2: 2000 EN 61000-3-2: 2000 Corrientes Armónicas

- EN 61000-3-3: 2001 EN 61000-3-3: 2001 Fluctuaciones de Voltaje "

### **SEGURIDAD**

"• IEC 61010-1, IEC 61010-2-81

• UL 61010-1 (2nd Edition), UL 60950-1 Clause 6.4

• CSA-C22.2 No. 61010-1-04"

### **SOFTWARE**

El monitor deberá ser suministrado con las siguientes herramientas de software:

Monitoreo del estado del Equipo de Monitoreo en línea y restablecimiento de alarmas.

Programación de los intervalos de medición

Programación de alarmas por incremento de concentraciones individuales en partes por millón (ppm) y en partes por millón por día (ppm/día) de todos los gases de falla, oxígeno y agua.

Programación del cambio automático de la frecuencia de muestreo con la activación de una alarma

Descarga de datos del monitor a una computadora.

Ver datos descargados fuera de línea

Exportar los datos descargados a un software de diagnóstico.

Proporcionar un código de acceso por contraseña

Capacidad de almacenamiento de datos: hasta 10.000 registros

#### SOFTWARE DE DIAGNÓSTICO

Deberá suministrarse un software de diagnóstico para PC seleccionable en idioma inglés / español y deberá realizar al menos las siguientes funciones:

Importar los resultados de las mediciones para almacenarlos en una base de datos.

Caracterizar un transformador introducido en la base de datos con sus datos de placa

Selección de las normas de Análisis de Gases Disueltos para interpretación de resultados: Guía IEEE C57.104

Generación de gráficas de tendencias de concentraciones de gases disueltos y humedad en el aceite en forma individual y en partes por millón

Emitir el Diagnóstico del Análisis de Gases Disueltos con diversos métodos tales como: Método de los Gases Claves, Relaciones de Rogers, Triángulo de Duval

#### RANGOS MINIMOS DE DETECCIÓN ANALIZADOR DE GASES

GAS		EXACTITUD <sup>1</sup>	REPETIBILIDAD <sup>2</sup>	RANGO <sup>3</sup>
Hidrogeno	H <sub>2</sub>	±5% o ±3 ppm	< 2%	3-3,000 ppm
Oxigeno	O <sub>2</sub>	±5% o +500 ppm	< 1%	500-25,000 ppm
Metano	CH <sub>4</sub>	±5% o ±2 ppm	< 1%	2-7,000 ppm
Monóxido de Carbono	CO	±5% o ±10 ppm	< 2%	10-10,000 ppm
Dióxido de Carbono	CO <sub>2</sub>	±5% o ±5 ppm	< 1%	5-30,000 ppm
Etileno	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	±5% o ±3 ppm	< 1%	3-5,000 ppm
Etano	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	±5% o ±2 ppm	< 1%	2-5,000 ppm
Acetileno	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	±5% o ±1 ppm	< 2%	1-3,000 ppm
Nitrógeno	N <sub>2</sub>	±10% o ±5,000 ppm	<20%	5,000-100,000 ppm

#### 4.1.17.10 Conectores

Es responsabilidad de EL PROVEEDOR la selección y suministro de los conectores necesarios para la conexión de los terminales o bulones de los bujes y descargadores de sobretensión adosados al transformador, estos serán previamente solicitados y aprobados por el cliente.

Los conectores terminales serán diseñados en dimensiones y área de contacto de acuerdo a la magnitud de la corriente máxima del transformador, no se forzarán ni doblarán, para dar el ángulo de contacto con el punto a conectarse.

Todos los conectores para las conexiones de potencia, serán del tipo pernado, en aleación de aluminio, en cobre o bimetálicos, con tuercas y pernos en bronce o en acero inoxidable. Serán seleccionados apropiadamente de acuerdo al material del terminal o bulón de los bujes y de los descargadores y a las barras o cables de conexión, para reducir al mínimo las pérdidas por efecto

corona y por radio interferencia, adecuados para trabajo a la intemperie, los conectores serán de alta conductividad, con capacidad de corriente al menos del 150% de la corriente nominal que circulará por el terminal o borne a conectar.

Su construcción permitirá el fácil desmontaje para efectos de mantenimiento, estarán de acuerdo con las normas ANSI o equivalentes reconocidas. (Estos podrán ser tipo paleta, de acuerdo a requerimiento)

La selección y definición de los conectores estará sujeto a revisión y aprobación de AFINIA.

#### **4.1.17.11 Elementos de fijación: Zincado electrolítico - bicromatizado**

Los elementos de fijación como pernos, tuercas y arandelas para la instalación de gabinetes y mandos serán de acero con recubrimiento electrolítico de zinc, con el objetivo principal de protegerlos contra la corrosión. por el proceso de bicromatizado, con un recubrimiento mínimo de 20 micras. Durante el proceso de bicromatizado, se tendrán en cuenta los parámetros de la norma ASTM B-633/1998 y para las pruebas se siguen los parámetros de la norma ASTM B-201/2000.

El zincado electrolítico será alcalino y exento de cianuro. Por ser alcalino, el reparto de espesores y la resistencia a la corrosión son mejores que con un zincado electrolítico ácido. El zincado electrolítico irá acompañado de un pasivado posterior. El pasivado, además de dar a la pieza zincada un color determinado, protege a la capa de zinc de la oxidación (también conocida como oxidación blanca), con lo cual se retrasa, también, la aparición de oxidación en el metal base (también conocida como oxidación roja). Los zincados pasivados serán trivalentes (Cr III), libres de cromo hexavalente (Cr VI) y su terminado será Zincado Amarillo Irisado Trivalente.

El bicromatizado cumplirá pruebas de adherencia al sustrato de acero y su aspecto será liso y brillante y aunque no es adecuado para exposición a la intemperie o en aplicaciones en las que se exija una cierta duración en servicio, se acepta si se protege adicionalmente mediante pintura para prolongar su vida útil. Los elementos de fijación en este caso se protegerán después del proceso de bicromatizado con pintura de poliuretano alifático, con un espesor promedio mínimo de 40 micras.

#### **4.2.1 Distancias de aislamiento en el aire a considerar**

Las distancias de aislamiento mínimas en el aire que cumplirán los transformadores de potencia son las contempladas en la siguiente tabla.

Tabla 4  
Distancias de aislamiento en el aire mínimas

Tensión más elevada del material $U_m$ (kV)	Tensión Asignada $U_r$ (kV)	Tensión soportada al impulso tipo rayo $U_p$ (valor pico)	Distancias (mm)	
			Fase a tierra	Entre fases
17,5 (1)	13,8	75	110	
		95	170	
36 (1)	34,5	145	275	
		170	320	
72,5 (1)	66	325	630	
123 (1)	110	450	830	
		550	1050	
245 (2)	220	650	1250	1450
		750	1500	1800
		850	1900	2250
		950	2300	2650
		1050	2700	3100

**Notas:**

- (1) Distancias tomadas de la tabla 5 (NORMA IEC 60076-3). "Distancias mínimas recomendadas fase a tierra, entre fases, fase a neutro y a arrollamientos de tensión inferior desde las partes en tensión de los pasatapas de transformadores de potencia que tengan arrollamientos con tensión más elevada para el material con  $U_m \leq 170$  kV serie I, basada en la práctica europea".
- (2) Distancias tomadas de la tabla 7 (Norma IEC 60076-3). "Distancias de aislamiento en el aire mínimas recomendadas fase a tierra, entre fases, fase a neutro y a arrollamientos de tensión inferior desde las partes en tensión de los pasatapas de transformadores de potencia que tengan arrollamientos con tensión más elevada para el material con  $U_m > 170$  kV".

#### 4.2.2 Corrientes de excitación

EL PROVEEDOR indicará los valores de las corrientes de excitación para los diferentes valores de la tensión nominal ( $V_n$ ) solicitados. El valor al 100% de la tensión nominal será inferior al 0,5% de la corriente nominal. En fabrica se harán mediciones de la corriente de excitación al 95%, 100%, 105% y 110% de la tensión nominal y se obtendrá la curva de magnetización.

#### 4.2.3 Duración de la corriente simétrica de corto circuito

De acuerdo a lo establecido en la Norma IEC 60076-5: Transformadores de Potencia Parte 5: “Capacidad de Soportar Corto Circuito”, la duración de la corriente “I” para el cálculo de la capacidad térmica de corto circuito será de dos (2) segundos.

#### 4.2.4 Tolerancias en los valores de impedancia

Las impedancias de los devanados con base en la capacidad máxima continua y la tensión nominal, tendrán valores apropiados para que los niveles de corrientes de corto circuito en cada uno de los devanados del transformador, estén por debajo de los niveles de falla que pueden soportar los equipos que serán conectados en cada circuito.

Estos valores se establecen en las fichas técnicas (FF TT) de cada transformador en particular.

Las tolerancias de los valores de las impedancias declaradas o consignadas por EL OFERENTE en su oferta (Ficha técnica), estarán acordes con los márgenes establecidos en la tabla 1- Tolerancias de la Norma IEC 60076-1- 1993, la cual establece:

**Tabla 5**  
**Tolerancias en los valores de impedancia**

<p>Impedancia de cortocircuito para: Un transformador de arrollamientos separados, con dos arrollamientos, o Un primer par especificado de arrollamientos separados, en un transformador con más de dos arrollamientos</p> <p><b>a.</b> Derivación principal</p> <p><b>b.</b> Cualquier otra derivación del par</p> <p>– Otros pares de arrollamientos</p>	<p>- Cuando el valor de la impedancia <math>\geq 10\%</math> <math>\pm 7,5\%</math> del valor especificado</p> <p>- Cuando el valor de la impedancia <math>&lt;10\%</math> <math>\pm 10\%</math> del valor especificado</p> <p>- Cuando el valor de la impedancia <math>\geq 10\%</math> <math>\pm 10\%</math> del valor especificado</p> <p>- Cuando el valor de la impedancia <math>&lt;10\%</math> <math>\pm 15\%</math> del valor especificado</p> <p>Sujeto a acuerdo, pero <math>\geq 15\%</math></p>
--	---

“Valor declarado” será interpretado que significa valor declarado por EL PROVEEDOR. (dice textualmente en la Norma)



#### **4.2.5 Tolerancias en los valores de impedancia, transformadores en paralelo**

Con respecto a la tolerancia en valores de impedancia, la Norma IEC 60076-1- 1993, establece para transformadores de trabajo en paralelo lo siguiente:

“Para transformadores que se combinen con unidades ya existentes, puede estar justificado especificar y acordar unas tolerancias más restringidas de la impedancia”.

Por lo anterior, EL PROVEEDOR tendrá en cuenta esta restricción y se ajustará a los valores de impedancias consignados en las placas de datos de los (requeridas en las fichas técnicas) transformadores existentes a trabajar en paralelo.

Para efectos de lograr una operación óptima de los transformadores, EL PROVEEDOR ajustará el diseño del transformador a los valores de impedancias establecidos en los datos de placa dados en las placa (ANEXO) y/o Ficha Técnica del transformador anexa a estas especificaciones técnicas (ANEXO 2).

#### **4.2.6 Tensiones armónicas**

El transformador se diseñará con particular atención hacia la supresión de las tensiones armónicas, especialmente la tercera y la quinta, así como a minimizar la interferencia con los circuitos de comunicaciones. El transformador estará libre de efecto corona a las tensiones normales de operación. Los niveles de interferencia de radio cumplirán con los requisitos de la normas.

#### **4.2.7 Pérdidas eléctricas en los transformadores de potencia**

El transformador de potencia será diseñado con el criterio de obtener una gran eficiencia durante la operación, con unas adecuadas características de regulación de tensión.

Los valores garantizados de eficiencia y de pérdidas (en el cobre y en el hierro), serán indicados por EL PROPONENTE en su oferta como “valores garantizados” (diligenciamiento de la ficha técnica FF TT), éstos valores serán considerados durante la etapa de evaluación de las propuestas, con el objeto de comparar el valor presente del transformador incluyendo el valor de las pérdidas de energía durante la vida útil del transformador ofrecido.

##### **4.2.7.1 Capitalización de las pérdidas garantizadas**

Para la evaluación económica, el valor comparable de las ofertas se obtendrá agregando al valor cotizado del transformador (PUC), el valor capitalizado de las pérdidas de los transformadores en un periodo de estudio de 35 años para obtener así el costo total del activo (TCO).

Con el fin de cuantificar el valor capitalizado de las pérdidas de potencia en los transformadores, se tendrá en cuenta la siguiente fórmula en la evaluación de las propuestas:

$$PUC_{TZ} = Fco_{TZ} * Po_{TZ} + Fcc_{TZ} * Pc_{TZ}$$

$$TCO = IC + PUC_{TZ}$$

Donde:

$PUC_{TZ}$  = Valor capitalizado de las pérdidas de potencia totales, relación de transformación y frecuencia nominales, presentados en la propuesta y expresado en dólares (USD), para el transformador de capacidad T y con destino a la subestación Z.

$Po_{TZ}$  = Pérdidas garantizadas en vacío (en el hierro), expresadas en kW, para la relación de transformación y frecuencia nominales, informada en la oferta para el transformador de capacidad T y con destino a la subestación Z.

$Pc_{TZ}$  = Pérdidas garantizadas en el cobre (con carga), expresadas en kW y a 85°C, para la relación de transformación y frecuencia nominales y al 100% de potencia ONAF, informada en la oferta para el transformador de capacidad T y con destino a la subestación Z.

$Fco_{TZ}$  = Factor capitalización pérdidas en vacío para el transformador de capacidad T y con destino a la subestación Z, indicado su valor en: 2258[USD/kW].

$Fcc_{TZ}$  = Factor capitalización pérdidas en carga para el transformador de capacidad T y con destino a la subestación Z, indicado su valor en: 1445[USD/kW].

$TCO$  = Costo total del transformador incluyendo el valor capitalizado de las pérdidas de potencia totales, presentados en la propuesta y expresado en dólares (USD).

$IC$  = Costo inicial del transformador expresado en dólares (USD).

#### 4.2.7.2 Criterios de aceptación, rechazo o penalización

Para la aceptación y penalización o rechazo del transformador por pérdidas se tendrá en cuenta lo siguiente: Antes de hacer la recepción de los transformadores, AFINIA verificará que las pérdidas medidas en el laboratorio sean menores o iguales que las declaradas por el proveedor en su oferta.

Para la aceptación o rechazo en fábrica del transformador de potencia por parte de AFINIA, regirán las siguientes consideraciones:

El transformador se acepta si al comparar las pérdidas medidas con las pérdidas declaradas, las pérdidas medidas son menores o iguales a las declaradas.

El transformador se podrá aceptar si al comparar las pérdidas medidas con las pérdidas declaradas, las pérdidas medidas son mayores que las declaradas siempre y cuando no sean mayores que las declaradas más la tolerancia descrita a continuación y se aplique la penalización descrita en el numeral 4.2.7.5.: “Penalización por exceso de pérdidas”.

#### 4.2.7.3 Penalización por exceso pérdidas

En caso que los valores medidos durante las pruebas en fábrica excedan los valores de pérdidas garantizados presentados en los cuadros de Características Técnicas, se aplicará la siguiente expresión para la penalización:

$$\text{Penalización US\$} = 2 \cdot (2258 \cdot (P_{or} - P_o) + 1445 \cdot (P_{cr} - P_c))$$

**Por:** Pérdidas medidas en el hierro o en vacío expresadas en kW a tensión y frecuencia nominal, reales medidas en el transformador.

**Pcr:** Pérdidas medidas en el cobre o en carga referidas a 75°C en kW, medidas a potencia ONAF nominal y tensión nominal, incluyendo pérdidas adicionales y la mitad de la potencia requerida por el sistema de refrigeración, reales medidas en el transformador.

**Po:** Pérdidas garantizadas en el hierro o en vacío expresadas en kW a tensión y frecuencia nominal, informadas en la oferta.

**Pc:** Pérdidas garantizadas en el cobre o en carga referidas a 75°C a potencia ONAF nominal y tensión nominal, incluyendo pérdidas adicionales y la mitad de la potencia requerida en el sistema de refrigeración, en kW, informadas en la oferta.

El fabricante deberá pagar al cliente el monto que aplique por penalización de incumplimiento. No aplicará ninguna retribución al fabricante si la operación anterior arroja una suma negativa.

Tolerancias sobre los valores declarados:

Características	Tolerancias
Pérdidas totales (Pt)	Pt +10% de las pérdidas totales declaradas
Pérdidas con carga (PC)	+ 15% de las pérdidas declaradas
Pérdidas sin carga (P0)	+ 15% de las pérdidas declaradas

Lo anterior significa que la tolerancia se aplica sobre el valor declarado para determinar su aceptación con penalización o su rechazo.

Cualquier transformador que presente valores de pérdidas superiores a las aquí establecidas (pérdidas declaradas + tolerancia) será rechazado.

Los valores de las pérdidas eléctricas que se confrontarán contra las garantizadas serán estrictamente los valores obtenidos en las pruebas referidos a 75°C.

#### 4.2.8 Bujes pasatapas

La distancia de fuga de los bujes pasatapas de uso exterior será como mínimo para nivel de contaminación IV, según IEC 60815. (31 mm/ kV). Si se solicitan transformadores con caja de protección para los bujes, cumplirán los requerimientos mínimo para nivel de contaminación III, según IEC 60815. (25 mm/ kV). Su color será marrón.

Tabla 6  
Distancia de fuga mínima entre fase y tierra, mm.

kV (nominal)		220	110	66	34,5	13,8
kV (máx. sistema)		245	123	72,5	36	17,5
nivel III	25 mm/kV fase-fase	≥ 6125	≥ 3075	≥ 1813	≥ 900	≥ 438
nivel IV	31mm/kV fase-fase	≥ 7595	≥ 3813	≥ 2248	≥ 1116	≥ 543

Se describen a continuación las características para bujes pasatapas del transformador de potencia:

##### 4.2.8.1 Bujes pasatapas para 220, 110 y 66 kV

Las conexiones principales de los devanados de 220, 110 y 66 kV se llevarán al exterior del transformador utilizando bujes para uso a la intemperie que estarán montados en la cubierta del autotransformador.

Los bujes para 220, 110 y 66 kV serán para operación al exterior, del tipo condensador, aislado mediante papel impregnado en aceite con cubierta de porcelana para ambiente tipo IV.

Su aislamiento principal consiste en un núcleo de papel impregnado en aceite con capas condensadoras para el control del campo eléctrico, siendo enrollados directamente sobre el tubo metálico central. El espacio entre el núcleo aislante y el cuerpo de la porcelana es llenado con aceite para transformador.

Los bujes tendrán un nivel de aislamiento no menor que el del devanado al que se va a conectar y su selección no impondrá restricciones a la capacidad del autotransformador, los bujes de tensiones iguales serán intercambiables entre sí.

Los bujes se equiparán con una cámara de expansión de indicador de nivel de aceite, así como con dispositivos para drenaje y toma de muestras. También dispondrán de una toma para la medición de su capacitancia, tangente delta y el factor de potencia del dieléctrico.

La capacidad de corriente de los bujes no podrá ser menor al 150% de la capacidad máxima de los devanados.

#### 4.2.8.2 Bujes para 34,5 y 13,8 kV

Las conexiones de los devanados de 34,5 y 13,8 kV se diseñarán con bujes sólidos de porcelana o podrían ser poliméricos, localizados dentro de cubículos exteriores con aislamiento en aire o sobre la cubierta del transformador, su ubicación estará sujeta al tipo de salida específica para cada subestación.

El compartimiento para terminación de cables de potencia, será apropiado para la conexión de hasta tres (3) conductores monopoles por fase con calibres de 500 a 1000 MCM aislados a 36 kV y/o 15 kV tipo XLPE; para la terminación directa de ellos previéndose el espacio adecuado para los accesorios de empalme de los mismos y la **instalación de los descargadores de sobretensión**.

Las superficies de contacto de los terminales externos serán plateadas, usando plata pura libre de cobre, con un espesor de la capa no inferior a 0,025 mm.

Toda la porcelana en los bujes será fabricada por el proceso húmedo, será homogénea, libre de laminaciones, cavidades o cualquier otro defecto que perjudique la resistencia mecánica o la capacidad eléctrica, y estará libre de imperfecciones tales como burbujas y/o quemaduras.

La capacidad de corriente de los bujes no podrá ser menor al 150% de la capacidad máxima de los devanados.

#### 4.2.9 Transformadores de corriente

El PROVEEDOR suministrará los transformadores de corriente tipo buje adecuados para ser utilizados con el sistema de medición de temperatura de devanados por el método de imagen

térmica, en el regulador de voltaje para control del CDBC en el caso que corresponda. Con la oferta se suministrarán las características de estos transformadores.

El PROVEEDOR suministrará los transformadores de corriente requeridos para los dispositivos de detección de los puntos de temperatura más alta de los devanados, para compensación de la corriente en el control del conmutador bajo carga y para cualquier otro dispositivo o equipo del transformador en caso de ser necesario.

Los transformadores de corriente tendrán la capacidad térmica y mecánica para soportar durante corto tiempo (1s), las corrientes de cortocircuito máximas que puedan circular por ellos, de acuerdo con las corrientes de cortocircuito indicadas para el transformador de potencia. Los transformadores de corriente cumplirán con norma IEC 61869-2.

Los transformadores de corriente estarán ubicados en el buje del devanado secundario de cada transformador, en la fase "R" (En caso de transformador con devanados con conexión Yy con devanado de compensación). En transformadores con dos (2) devanados cargables se instalarán transformadores de corriente en las fases "R" de cada uno de los devanados, primario, secundario y terciario.

Los transformadores de corriente de buje llevarán una placa de características localizada en el gabinete de control local del transformador.

#### **4.2.10 Sistema de puesta a tierra**

El sistema de puesta a tierra de los transformadores tendrán una resistencia baja y una alta capacidad de transporte de corriente.

Estará capacitado para manejo y descarga a tierra de fuertes corrientes de falla, sin dañar el equipo y sin peligro para el personal.

Todos los equipos y los accesorios metálicos estarán conectados al sistema de puesta a tierra en el punto más cercano.

El (los) neutro (s) del transformador de potencia será (n) llevado (s) directamente a tierra por medio de una barra o platina de cobre de 250 mm<sup>2</sup> de sección mínima debidamente aislada del tanque del transformador de potencia con medios de sujeción y aislamiento para fijación sobre la cuba. El (los) neutro (s) quedará (n) conectado (s) a la malla de tierra en un sólo punto con el fin de evitar la inducción de corrientes circulantes.

EL PROVEEDOR del transformador suministrará todos los accesorios para la instalación del sistema de puesta a tierra del transformador de potencia.

En dos lados diametralmente opuestos del transformador y cerca al fondo del tanque se proveerán dos placas para puesta a tierra.

Las barras o platinas serán suministradas con conectores o terminales sin soldadura para recepción de cable de cobre de 4/0 AWG.

El suministro, selección y características de accesorios para puesta a tierra del transformador de potencia estará sujeto a revisión y aprobación de AFINIA.

#### **4.2.11 Descargadores de sobretensión**

Los descargadores de sobretensión para las conexiones de media tensión 34,5 y 13,8 kV en cajas con aislamiento en aire para salidas con cables de potencia serán suministrados e instalados por el PROVEEDOR del transformador de potencia. En los casos que se solicite el suministro de los descargadores para el nivel de tensión 110 kV, estos serán suministrados e instalados por el PROVEEDOR del transformador de potencia.

Los descargadores serán parte integral del suministro del transformador de potencia, su localización y disposición física será parte del diseño detallado del transformador y estarán acorde con las solicitudes eléctricas especificadas.

La instalación de los descargadores de sobretensión se ajustará a lo establecido en el manual de montaje e instalación del PROVEEDOR de los mismos.

##### **4.2.11.1 Características constructivas.**

Los descargadores de sobretensión serán de óxido de zinc -OM- sin explosores, del tipo trabajo pesado para uso en subestaciones eléctricas.

Los descargadores de OM serán construidos en un único elemento activo efectivo, es decir, la columna de resistores de óxido metálico-OM.

Cada descargador tendrá un dispositivo de alivio de presión que actúe con seguridad para eliminar las presiones de gas y prevenir explosión de la envolvente en caso de falla del descargador.

##### **4.2.11.2 Envolvente**

La envolvente de los descargadores de OM podrá ser polimérica o porcelana.

La envolvente polimérica estará compuesta de un material plástico reforzado con fibra de vidrio-FRP para darle la rigidez mecánica al descargador y un material envolvente y en contacto con el exterior en goma siliconada.

##### **4.2.11.3 Terminal**

El terminal de línea será vástago o espigo cilíndrico, con diámetros y longitud de dimensiones acordes con las capacidades de descarga para cada tipo.

El terminal será de cobre, con revestimiento de níquel- plata, aptos para recibir conectores de cobre o aluminio.

#### 4.2.11.4 Conexiones a tierra

Para garantizar el servicio seguro del descargador y la protección óptima se preverá una buena puesta a tierra (pequeña resistencia de puesta a tierra, línea de puesta a tierra de longitud reducida). En la brida inferior del descargador se preverán dos pernos para recepción del terminal para conexión a tierra, la unión con tierra será lo mas recta y corta posible.

Tabla 7  
Características eléctricas básicas descargadores de sobretensión

Descripción	Tensión Nominal del Sistema $U_n$ , kV		
	110	34,5	13,8
Tensión máxima del material $U_m$ , kV	123	36	17,5
Tensión asignada del descargador $U_r$ , kV	96	30 o 48	12
Tensión de operación permanente del descargador $U_c$ , kV	75	24	10
Tensión soportada asignada al impulso tipo rayo $U_p$ , BIL, kV	550	170	95
Corriente nominal de corto circuito a 200 ms, (IEC 60099-1) Clase de Alivio de Presión, kA	40	40	40
Corriente nominal de descarga $I_n$ , kA	10	10	10
Tensión residual máxima al impulso tipo rayo, onda 8x20 $\mu$ s y 10 kA <b>NPR</b> , kV	$\leq 269$	$\leq 84$	$\leq 35,4$
Tensión residual máxima al impulso tipo maniobra, onda 30x70 $\mu$ s y 0,5 kA <b>NPM</b> , kV	$\leq 221$	$\leq 69$	$\leq 28$
Distancia de fuga mínima entre fase y tierra, mm. (nivel III)	$\geq 3813$ (Nivel IV)	$\geq 900$	$\geq 438$
Puesta a tierra del sistema	Sólido a tierra	(1)	Sólido a tierra

**Nota (1):** para el nivel de tensión 34,5 kV, con sistema solido a tierra el  $U_r$  será de 30 kV y para sistema aislado el  $U_r$  será de 48 kV.

#### 4.2.11.5 Características eléctricas

Las características eléctricas básicas que cumplirán los descargadores de OM son las contempladas en la Tabla 7: "Características eléctricas básicas descargadores de sobretensión".



#### 4.2.11.6 Normas de los descargadores de sobretensión

Los descargadores de sobretensión cumplirán con la normas relacionadas en el **ANEXO 1: "NORMAS DE REFERENCIA"** de estas especificaciones.

#### 4.2.12 Gabinete de control

El transformador contará con dos gabinetes de control: uno para operación y control del CDBC fabricado en aluminio fundido y otro para el control del sistema de enfriamiento fabricado en acero inoxidable ambos con un espesor mínimo de 2mm, adosados al transformador de potencia. Los gabinetes serán adecuados para uso a la intemperie en ambiente tipo IV, mínimo con un grado de protección IP 65, según la Norma IEC 60529.

Los gabinetes soportarán, sin deterioro alguno y durante la vida útil del transformador, las influencias externas tales como vibraciones, impactos mecánicos, corrosión, hongos, radiación solar, y humedad.

En el gabinete del CDBC, se instalarán los diferentes equipos y dispositivos necesarios para operación, control y protección del conmutador de derivaciones (CDBC). La alimentación de fuerza, control y los comandos provienen del gabinete de control de refrigeración, en igual forma todas las señales se llevar a bornes de este gabinete para de allí ser llevadas al sistema de operación remoto.

Serán instalados a una altura apropiada (sujeta a aprobación de AFINIA) para que un operador de pie sobre el nivel de la base pueda efectuar la operación manual. Los circuitos de control y equipos auxiliares serán apropiados para ser alimentados desde fuentes de corriente continua o corriente alterna proporcionadas por AFINIA, las fuentes serán: corriente continua 125 V c.c. y corriente alterna 208- 120 V c.a.

Tanto los circuitos de control, como los de fuerza y calefacción estarán protegidos mediante interruptores termomagnéticos, los cuales a su vez dispondrán de contactos auxiliares de alarma. Todos los distintos dispositivos serán alambrados hasta regletas de terminales (borneras).

El gabinete de control tendrá una tapa en la parte inferior, con pernos, empaquetaduras y prensaestopas, para la entrada y salida de los cables de control y fuerza. No se aceptará que las entradas y salidas de cables sean por los costados o la parte superior del gabinete de control.

Todos los dispositivos tendrán un acceso fácil para su inspección y mantenimiento. El gabinete incluirá una manija con cerradura de llave maestra y un trabamiento de puerta en la posición abierta. Las bisagras permitirán que la puerta rote como mínimo 120° a partir de la posición cerrada, las bisagras serán del **tipo oculto**. Poseerán un calefactor blindado, controlado por higróstato, para prevenir la condensación de humedad en su interior. Además se incluirán desaireadores o celosías para ventilación con filtro de manera que no permitan la entrada de

insectos, polvo ni agua bajo condiciones de lluvia. Incluirá iluminación interior accionada por un interruptor de puerta.

El gabinete tendrá interruptor miniatura tripolar para alimentar los siguientes dispositivos: calefacción controlada por higrostató. Lámpara fluorescente ahorradora de energía controlada por conmutador de puerta. Tomacorriente dúplex de 15 A, 120 V c.a., de acuerdo con designación A5-15 de la Norma IEC 83 (toma bipolar con polo a tierra). Tomacorriente trifásica de 20 A, 208 V c.a.

#### **4.2.13 Relés**

La estructura de los relés utilizados en el control y protección o para señalización serán resistentes a las vibraciones y a la acción del medio ambiente. El mismo requerimiento es válido para los contactores y automáticos que hacen parte de los circuitos de fuerza de los motores.

Todos los relés y detectores de temperatura tendrán suficientes contactos auxiliares para la señalización remota al sistema de control de la subestación.

Todos los relés auxiliares que reciben la actuación de las protecciones internas serán de accionamiento rápido para un sistema de 125 V c.c. no puesto a tierra, y cada uno tendrá marcación del dispositivo de protección o de control que lo acciona.

#### **4.2.14 Motores y arrancadores para motores**

Los motores de corriente alterna c.a. serán de inducción, de capacidad continua y con un factor de servicio de 1,15. El aislamiento será mínimo clase "F", con una temperatura de operación no menor de 115°C y tendrán flechas que indiquen la dirección de rotación correcta.

Los arrancadores para motores serán combinaciones de interruptores y contactores magnéticos, con protección térmica para sobrecargas ajustada a las corrientes de cada motor. EL PROVEEDOR suministrará los cálculos sobre el dimensionamiento de los circuitos y las protecciones seleccionadas.

#### **4.2.15 Alambrado y borneras del gabinete de control**

El aislamiento del cable de control será de tensión nominal 600 V c.a., según IEC 60502.

Los cables de control utilizados para el alambrado del gabinete de control serán de temperatura de operación clase 90°C, serán conductores flexibles de cobre trenzado clase B. Los diferentes circuitos se diferenciarán por colores. Los cables de alambrado del gabinete de control estarán provistos de terminales prensados convenientemente identificados. Los terminales serán del tipo punta, con collarín aislante.

El cableado hacia las puertas con bisagra serán extraflexibles y se llevará dentro de ductos plásticos flexibles o cualquier otro método que permita la manipulación de las puertas sin que los conductores sufran deterioro. Los conductores no se someterán a esfuerzos debidos a dobleces.

Tabla 8  
Secciones mínimas para conductores según tipo de circuito

Tipo de circuito	Sección mínima mm <sup>2</sup>
Circuito de mando, regulación, medida, etc.	1,5
Circuitos alimentados por secundarios de transformadores de intensidad	2,5
Circuitos alimentados por secundarios de transformadores de tensión	1,5
Circuitos de protección de puesta a tierra de los aparatos instalados	4

Todos los conductores llegarán a borneras y tendrán marcas indelebles que indiquen: lugar de origen / lugar de destino. Se aceptará sólo un conductor por borne. Las borneras serán del tipo apilable, aptas para colocar sus números correlativos de identificación. Las borneras para circuitos de corriente serán seccionables y cortocircuitables. El PROVEEDOR proveerá como mínimo un 20% de borneras de reserva, de cada tipo, para uso de AFINIA. La canalización en el interior de gabinetes se ejecutará preferentemente usando canaletas portacables plásticas. Los conductores serán agrupados y fijados mediante sujetadores no metálicos, adecuados para proteger su aislación y soportar el peso de los cables.

Todo el alambrado externo al gabinete de control quedara protegido contra daños mecánicos mediante canalizaciones metálicas rígidas o flexibles.

#### 4.2.16 Fijación y puesta a tierra

Los gabinetes adosados al tanque tendrán elementos flexibles a prueba de intemperie que absorban las vibraciones y estarán aislados eléctricamente del tanque y puestos a tierra en forma independiente. Las puertas estarán unidas por medio de cintas de cobre al gabinete de tal forma que garanticen el mismo potencial del conjunto. El interior de cada gabinete estará provisto de una barra de cobre que permita la puesta a tierra de la pantalla de los cables de control y fuerza.

El tendido de los cables de control y fuerza de baja tensión de los aparatos de control y protección propios del transformador y los gabinetes se hará en tubería rígida de acero galvanizado, para protegerlos contra impacto mecánico, derrames de aceite y condiciones ambientales severas.

## 5. Aseguramiento de la calidad

Para cada suministro AFINIA establecerá un proceso de aseguramiento de la calidad formado por los siguientes aspectos:

- Revisión del diseño constructivo.
- Inspecciones de fabricación y del sistema de calidad.
- Ensayos de recepción en fábrica.
- Ensayos especiales. Ensayo de cortocircuito.
- Ensayos de recepción en campo.

A fin de asegurar el cumplimiento por parte del PROVEEDOR de los requerimientos de calidad en cada uno de los aspectos mencionados, AFINIA comunicará al fabricante las desviaciones o no conformidades inmediatamente una vez detectadas.

A tales efectos, AFINIA considerará desviaciones, incidencias o no conformidades:

- Todo cambio respecto a los requerimientos recogidos en este documento de Especificación del Pedido que no haya sido previamente aprobado por AFINIA como excepción.
- Actuaciones no conformes con los planos del proyecto, procedimientos de calidad, procedimientos de fabricación, instrucciones de trabajo o buenas prácticas de fabricación.
- Cualquier resultado no conforme de los controles, ensayos, inspecciones o pruebas que se efectúen durante el proceso de fabricación y en los ensayos de recepción, en campo o especiales.
- Inadecuada calibración de los equipos de control, medida y ensayo, ya sean del laboratorio de alta tensión o cualquier etapa del proceso productivo.

Al producirse una desviación o no conformidad, el PROVEEDOR establecerá las medidas necesarias y enviará a AFINIA un informe para su aprobación en el que describirá suficientemente el problema y hará una propuesta de solución.

La recepción del suministro en los términos indicados en el contrato, requerirá, entre otros aspectos, tener resueltas satisfactoriamente todas las desviaciones o no conformidades abiertas en el proceso de aseguramiento de la calidad.

### 5.1 Revisión del diseño constructivo

La Revisión del diseño constructivo tiene por objetivo fundamental la validación del diseño del transformador en lo relativo a materiales y comportamiento dieléctrico, electrodinámico y térmico, identificando los puntos críticos y determinando los márgenes de diseño. AFINIA podrá realizar

este trabajo, bien directamente o a través de empresas especializadas subcontratadas. AFINIA garantizará la confidencialidad de la información entregada por el fabricante. Esta actividad, a realizar en un transformador de cada serie de fabricación, constará de tres etapas:

a) Análisis y toma de datos:

El PROVEEDOR rellenará en su totalidad un formulario específico sobre los aspectos de diseño del transformador que al efecto tiene AFINIA. Se solicitarán al PROVEEDOR, entre otros, los siguientes datos de diseño del transformador:

- Núcleo magnético: material, dimensiones/pesos, pérdidas magnéticas, corriente de excitación, inducción magnética a 100% y 110 % de la tensión nominal, control de flujo de dispersión (si existe).
- Arrollamientos: tipo y características del conductor, disposición, dimensiones/pesos, pérdidas en carga y pérdidas adicionales.
- Requerimientos Dieléctricos: disposición, dimensiones/pesos del aislamiento, mapa electrostático, esfuerzos eléctricos.
- Requerimientos Electrodinámicos: configuración mecánica, mapa de flujo, reactancias de cortocircuito, esfuerzos mecánicos.
- Requerimientos Térmicos: sistema de refrigeración, temperatura del aceite, temperatura media y del punto más caliente de los arrollamientos.
- Estudio de sobrepresiones mecánicas.
- Estudio eléctrico/dieléctrico del buje y de la caja de aceite (si procede).
- Lista de planos constructivos y de fabricación.
- Análisis de los procesos/tratamientos más significativos: parámetros principales de los procesos de compresión y secado de los arrollamientos, impregnación y llenado de aceite.

b) Simulación del comportamiento y determinación de los márgenes de diseño:

Con la información obtenida en la toma de datos, se realizará una simulación del comportamiento eléctrico, dieléctrico, electrodinámico y térmico, a efectos de validación de los cálculos del fabricante y se establecerán los márgenes de diseño dieléctrico (frente a los diferentes tipos de sobretensiones), electrodinámico (frente a los diferentes tipos de cortocircuito) y térmico.

c) Definición de los ensayos de recepción en fábrica y ensayos especiales:

EL PROVEEDOR presentará un plan de pruebas, guía para la realización de las pruebas en fábrica, con información completa de las pruebas a desarrollar como: diagramas de conexiones, protocolos a diligenciar, normas y parámetros aplicables, conexiones a efectuar, descripción de la prueba y objetivos, análisis e interpretación de resultados, documento que será sometido a la revisión y aprobación de la interventoría. AFINIA y el PROVEEDOR revisarán los ensayos de recepción a realizar (incluyendo posibles ensayos especiales), así como los parámetros de ejecución de los mismos.

Se establecerán, entre otros los siguientes aspectos:

- Ensayos de recepción y ensayos especiales a realizar para cada una de las unidades de la serie de fabricación.
- Plano de disposición del transformador durante los ensayos.
- Orden de los ensayos.
- Configuración de ensayo, valores aplicar, registros a medir, posición del cambiador de tomas, etc.
- Normativa de aplicación de los ensayos.
- Criterios de aceptación.
- Estructura del informe a entregar por el fabricante.

En función de los resultados y márgenes obtenidos en la revisión del diseño constructivo, así como posibles puntos críticos detectados, se establecerán los controles adicionales necesarios en la fase de inspección de fabricación y de ensayos de recepción.

Por todo ello, el PROVEEDOR no podrá comenzar la fabricación de ninguna de las unidades de una serie hasta que no se finalice la Revisión del Diseño Constructivo de la misma, salvo indicación expresa por parte de AFINIA.

Cualquier modificación en el diseño de las unidades de una serie de fabricación deberá ser analizada y aprobada por AFINIA.

## **5.2 Inspecciones del Sistema de Calidad del PROVEEDOR**

A fin de asegurar el cumplimiento por parte del PROVEEDOR de los requerimientos de su Sistema de Calidad, éste deberá:

Poseer un certificado de calidad de acuerdo con la correspondiente norma ISO de la serie 9000, expedido por un organismo acreditado. De igual modo se procederá según ISO 14000.

O bien, tener implantado un Sistema de Calidad que recoja como mínimo los puntos definidos en este apartado. La concesión del pedido se supeditará al previo examen de dicho Sistema (con cargo al PROVEEDOR).

AFINIA, o la Entidad de Inspección que designe, se encargarán del control y verificación del cumplimiento de dichos requisitos, de la conformidad del Sistema con lo especificado en este apartado, así como de la adecuación del suministro con los requerimientos que se recogen en esta especificación de pedido.

El Sistema de Calidad deberá recoger, al menos, los siguientes aspectos:

### **a) Departamento de Calidad**

Dentro del organigrama de la Empresa deberá existir un grupo, independiente de los Departamentos Técnico o de Producción, responsable de todo lo relacionado con la implantación, seguimiento y evaluación continua del Sistema de Calidad. Las funciones, responsabilidades y autoridad de sus componentes estarán definidas y documentadas.

b) Proveedores y subcontratistas

Se establecerán los controles necesarios para asegurar la conformidad de la calidad de los materiales, procesos y servicios efectuados por proveedores y subcontratistas. Las contratas de montaje y ensayos en campo del transformador deberán estar homologadas.

c) Proceso productivo

Estarán definidas y documentadas todas las tareas a realizar mediante procedimientos, instrucciones o planos. El equipo a fabricar deberá ser identificable durante el proceso y controlado de modo que pueda conocerse en qué momento de dicho proceso se halla y los hitos principales que ha pasado y falta por pasar. Procesos especiales, como soldadura, tratamientos térmicos, ensayos no destructivos, deberán realizarse mediante procedimientos homologados. Los pedidos de material de cada una de las máquinas se pondrán a disposición de AFINIA, si se requieren, a fin de realizar el oportuno seguimiento de fabricación del material.

d) Formación del personal

Se establecerá la formación necesaria para acometer los trabajos en los diferentes puestos. No podrán realizarse tareas para las que no se esté cualificado.

e) Inspecciones y ensayos

Con objeto de asegurar la calidad se definirán una serie de inspecciones y ensayos. Estos deberán ser verificados y controlados por el Departamento de Calidad y estarán reflejados en el Programa de Puntos de Inspección. Todos los equipos utilizados en las operaciones de medida, inspección y ensayo deberán ser adecuadamente controlados y calibrados en los plazos previstos.

f) Disconformidades y acciones correctoras

Cuando se detecte una no conformidad se asegurará que dicho material, componente o equipo no continúe en el proceso productivo. Para ello se establecerá un procedimiento para el tratamiento de dichas disconformidades y las consecuentes acciones correctoras que aseguren siempre que la calidad final del producto no se vea alterada.

g) Producto terminado

Una vez terminado y montado completamente, cada equipo será ensayado de acuerdo con lo recogido en esta Especificación.

h) Embalaje, almacenaje y expedición

Se establecerá un procedimiento para el embalaje y almacenaje de los equipos de modo que se asegure la conservación de los mismos en condiciones adecuadas.

i) Manual de Calidad

Es el documento donde se definirá la política, la organización y los medios para asegurar la calidad del suministro y su conformidad con los requisitos recogidos en las especificaciones y normas que le son de aplicación. Su alcance abarcará desde las propias acciones del PROVEEDOR hasta las de sus subcontratistas. El PROVEEDOR establecerá por escrito la aplicabilidad de su Manual de Calidad a este pedido. Cualquier cambio en el Manual que afecte a dicho suministro deberá ser autorizado por AFINIA.

### 5.3 Inspecciones de fabricación.

El PROVEEDOR elaborará un Programa de Puntos de Inspección (PPI) donde se recogerán los procesos de fabricación y puntos de inspección, desde la recepción de materiales, hasta la puesta en destino del pedido. Se secuenciará de forma correlativa. AFINIA fijará los puntos de espera (aquellos que no podrán realizarse sin su presencia o autorización) y puntos de aviso (aquellos que requieren aviso previo) que el fabricante deberá reflejar en el PPI. Serán considerados, al menos, los siguientes puntos de aviso:

- Inspección a devanados individuales antes de conformar las fases y del núcleo terminado
- Inspección de fases antes de su calado en el núcleo
- Inspección de parte activa terminada antes de la entrada en la estufa de secado
- Inspección de parte activa tras la salida de estufa, reapriete y encube
- Inspección de ensayos de recepción en fábrica

AFINIA podrá ampliar estos puntos en cualquier momento de la fabricación. Cada unidad incluida en el pedido deberá tener su propio Programa de Puntos de Inspección firmado por el fabricante. El PROVEEDOR entregará un Programa de Fabricación y sus sucesivas actualizaciones y comunicará por escrito la fecha prevista de los puntos de espera y de aviso con 10 días de antelación excepto para los ensayos de recepción en fábrica que EL PROVEEDOR notificará por escrito a AFINIA con treinta (30) días calendario de antelación, a la fecha de inicio de las pruebas. AFINIA comunicará su decisión de asistir o no, y en su caso a la autorización de su realización. El PROVEEDOR se hará cargo de los gastos de desplazamiento derivados de una notificación defectuosa, así como de repetición de ensayos. Cada unidad incluida en el pedido deberá tener su propio Programa de Puntos de Inspección.

Todos los documentos generados por el Sistema de Calidad deberán ser adecuadamente archivados, de modo que quede constancia y evidencien de modo objetivo la calidad conseguida. Lo concerniente a un pedido concreto deberá conservarse como mínimo hasta la aprobación por parte de AFINIA de la documentación final.

AFINIA o sus representantes tendrán libre acceso a las instalaciones, tanto del PROVEEDOR como de sus proveedores o subcontratistas, para inspeccionar o auditar todo aquello que se relacione con este pedido. Así mismo podrá disponer de toda la documentación técnica (incluyendo planos constructivos y de fabricación) y de calidad con el fin de verificarla y evaluarla. El PROVEEDOR se comprometerá a que sus proveedores y subcontratistas cumplan con lo dispuesto anteriormente.

El PROVEEDOR pondrá a disposición de AFINIA, los registros del proceso productivo que se le requiera. Entre otros, podrán ser:

- a) Tratamiento de secado indicando, al menos: procedimiento empleado, fecha/hora de inicio/fin del tratamiento, peso total del aislamiento sólido, cantidad de agua extraída, ratio de extracción de agua (mililitros de agua x tonelada de aislamiento/hora), presión de vacío alcanzada, temperaturas máximas alcanzadas en los arrollamientos y en el núcleo magnético. El fabricante prestará especial atención al contenido de humedad en el papel, ya que el valor obtenido será podrá ser contrastado mediante la medida FDS (Frequency Domain Spectroscopy).



- b) Tiempos de encubado (tiempo entre la salida del horno y su introducción en la cuba y comienzo del vacío), descripción del proceso de llenado e impregnación de aceite y tiempo de reposo.
- c) Certificados de materiales.
- d) Revisión de tarjetas de calidad, puntos de inspección, incidencias de fabricación, etc.
- e) Resolución de todas las desviaciones o no conformidades emitidas por AFINIA durante las inspecciones.
- f) Reportaje fotográfico de fabricación incluyendo, como mínimo:
  - Vista general, desde cada uno de los lados, del núcleo magnético una vez montado y antes del calado de bobinas (4 fotografías).
  - Detalle de la placa de asiento de los arrollamientos (antes del calado de bobinas) de cada una de las fases por ambos lados (6 fotografías).
  - Detalle de todos los arrollamientos, antes de su calado en el transformador (1 fotografía por cada arrollamiento).
  - Vista general, desde cada uno de los lados, del transformador después del calado de bobinas (4 fotografías).
  - Vista general, desde cada uno de los lados, del transformador después del encubado y montaje de accesorios (4 fotografías).

#### 5.4 Ensayos de recepción en fábrica.

AFINIA y el PROVEEDOR establecerán, con la debida antelación, el planning de los ensayos de recepción a realizar, según lo dispuesto en el de Revisión del Diseño Constructivo. Con carácter general, los ensayos de recepción que se enumeran a continuación, estarán incluidos en el alcance del suministro, se realizarán en presencia de los representantes de AFINIA, en el orden indicado y de acuerdo a los requerimientos indicados en el presente documento y los establecidos adicionalmente tras la Revisión del Diseño Constructivo. En cualquier caso, AFINIA se reserva el derecho de incluir otros ensayos adicionales, cuya definición técnica y valoración económica se realizaría aparte. En todos los ensayos de recepción citados, el transformador estará equipado con todos sus accesorios, de la misma forma que en el momento de su puesta en servicio, y cualquier excepción deberá ser aprobada expresamente por AFINIA.

Antes del comienzo de los ensayos deberá realizarse la comprobación sobre el plano constructivo de las dimensiones y disposición del transformador y de todos sus accesorios. Será prerrequisito para la ejecución de las pruebas en fábrica el que EL PROVEEDOR haya entregado los protocolos de las pruebas de rutina y tipo de los accesorios: bujes, radiadores, tanques, conmutador de derivaciones y de los dispositivos de control y protección del transformador, conectores para terminales y descargadores de sobretensión. El aceite utilizado para los ensayos de la máquina ha de ser el mismo al que va a utilizar o compatible con el definitivo. Igualmente, antes de comenzar los ensayos se realizarán los ensayos propios del aceite mineral:

- a) Ensayo físico-químicos del aceite (rigidez dieléctrica, contenido en agua, densidad, color, tg delta, índice de neutralización, color, tensión interfacial).
- b) Análisis cromatográfico de gases disueltos en aceite.
- c) Análisis del contenido de inhibidor.

AFINIA se reserva el derecho de tomar una o varias muestras de aceite adicionales para analizarlas en su laboratorio de aceites.

Se indican a continuación los ensayos principales del transformador:

a) Medida de resistencia de aislamiento con Megger.

Se considerarán en el ensayo las medidas entre cada par de arrollamientos, de cada arrollamiento a cuba, de núcleo magnético a cuba, de brida de apriete a cuba y de núcleo magnético a brida de apriete.

b) Medida de resistencia de todos los arrollamientos y en todas las posiciones del cambiador de tomas del arrollamiento que regula. Para todas las medidas citadas, se establece una tolerancia admisible de  $\pm 3\%$  de desviación entre fases. En caso de desviaciones superiores, estas deben ser debidamente justificadas por el PROVEEDOR.

c) Medida de relación de transformación en todas las posiciones del cambiador de tomas y verificación del grupo de conexión. Se realizará la medida en todas las combinaciones de pares de arrollamientos. Para todas las medidas citadas, se establece una tolerancia admisible de  $\pm 0,5\%$  de desviación sobre el valor teórico.

d) Ensayo de Capacidad y tg delta de los arrollamientos.

Para transformadores de dos arrollamientos, se considerarán como mínimo las medidas de CH+CHL, CH, CHL, CHL+CL y CL a las tensiones de 2 y 10 kV. Para transformadores de tres arrollamientos, se considerarán como mínimo las medidas de CH+CHL, CH, CHL, CLT+CL, CL, CLT, CT+CHT, CT y CHT, a las tensiones de 2 y 10 kV. Para los transformadores de cuatro arrollamientos, se medirán todas las combinaciones entre arrollamientos y arrollamientos contra cuba. Se deberán facilitar los registros informáticos en formato electrónico.

Los límites de aceptación en los ensayos en fábrica serán:

- Tangente de delta: Debe ser inferior al 0,5 %
- Ensayos de Tip - up: Diferencias en valores de intensidad de pérdidas inferior al 12%.

e) Ensayo de Capacidad y tg delta de todos los bujes que dispongan de toma capacitiva.

Los bujes se medirán individualmente, montados en el transformador, y se considerarán como mínimo las medidas de C1 y C2, a las tensiones de 2 y 10 kV (para C1) y 0,5 y 1 kV (para C2). Los límites de aceptación tendrán este orden de prevalencia:

- Fabricante, si los límites y variación respecto placa está definido por el fabricante.
- Tangente de delta. No mas de un +10% respecto el valor de placa en el aislamiento principal C1, o un +0,1% respecto el valor de placa.
- Capacidad: No mas de un +10% respecto el valor de placa en el aislamiento principal C1.
- Tangente de delta:
  - C1: 0,5%
  - C2. 1% Bujes convencionales
  - C2. 2% Bujes Aceite-Aceite
- Normativa vigente IEC

Se deberán facilitar los registros informáticos en formato electrónico.

En el caso de bujes aceite-aceite, se deberá realizar el ensayo de Capacidad y tg delta, directamente sobre la misma (desconectada del buje aceite-aire para pruebas) antes del comienzo de los ensayos y una vez finalizados los mismos.

En el protocolo de ensayos, las medidas de capacidad y tg delta de los bujes obtenidas en el ensayo de recepción, se reflejarán en una tabla donde se las compare con las medidas de su placa de características. Adicionalmente, se indicará claramente el número de serie del buje y la fase del transformador en la que se encuentra montada.

f) Ensayo de pérdidas e intensidad de vacío.

Se registrarán al 80%, 90%, 100%, 105%, 110% y 115 % de la tensión asignada del transformador (tensión media rectificada) los siguientes valores:

- Tensión media rectificada de las tres fases.
- Tensión eficaz de las tres fases.
- Corriente de vacío de las tres fases.
- Pérdidas en vacío medidas y corregidas.

Se registrarán los armónicos de la corriente y de la tensión de vacío de las tres fases en cada nivel de tensión de ensayo citado. Se registrará tanto el factor de distorsión armónica total como el porcentaje de diferencia entre la tensión media y la eficaz, tal y como lo define la norma IEC-60076-1. Serán consideradas, a efectos de tolerancias, las medidas realizadas a 100% y 110% de la tensión nominal.

g) Ensayo de pérdidas en carga y tensión de cortocircuito.

Se realizará las medidas en las condiciones especificadas, tanto en toma central como extremas en arrollamientos con regulación, y para todo par de arrollamientos. En el caso de transformadores con dos arrollamientos secundarios, además se realizará el ensayo para el caso con ambos secundarios cortocircuitados. Para transformadores de doble devanado secundario, las tolerancias a aplicar en la impedancia de cortocircuito entre A.T. y cada uno de los dos secundarios, será  $\pm 7,5\%$  para la toma principal y  $\pm 10\%$  en el resto.

h) Ensayo de la impedancia de secuencia homopolar (ensayo opcional de tipo, para una unidad de pedido, con la salvedad expresada al final). Se medirá la impedancia homopolar desde el arrollamiento con regulación (normalmente arrollamiento primario) con:

- Resto de arrollamientos cortocircuitados y puestos a tierra, salvo el arrollamiento terciario de compensación que tendrá el triángulo abierto.
- Resto de arrollamientos cortocircuitados y puestos a tierra, incluido terciario.
- Resto de arrollamientos abiertos, incluido el terciario de compensación que tendrá el triángulo abierto. Se medirán valores a cuatro diferentes niveles de tensión.
- Resto de arrollamientos abiertos, salvo el arrollamiento terciario de compensación que estará cerrado.
- Para el resto de los arrollamientos en estrella se realizará una medida de impedancia homopolar con:
  - Resto de arrollamientos cortocircuitados y triángulo cerrado.
  - Resto de arrollamientos cortocircuitados y triángulo abierto.
  - Resto de arrollamientos abiertos y triángulo cerrado.

- Resto de arrollamientos abiertos y triángulo abierto. Se medirán valores a cuatro diferentes niveles de tensión.

En los casos en los que se energice el arrollamiento de regulación o en los que este esté cortocircuitado se medirá la impedancia homopolar en las posiciones central y extremas del regulador. En caso de que la unidad ensayada tenga una variación en sus impedancias de secuencia directa mayor al 5% respecto a la unidad en la que se realizó el ensayo de impedancia homopolar, se repetirán las medidas indicadas.

i) Ensayo de impulso tipo maniobra a todos los arrollamientos con una tensión mayor o igual a 245 kV. Durante la aplicación de los impulsos de calibración, el PROVEEDOR registrará la onda de tensión de las fases del arrollamiento no ensayado, con objeto de determinar la necesidad o no de emplear resistencias de amortiguamiento, según norma IEC 60076-3. Se empleará shunt exclusivamente resistivo para el registro de intensidad. La toma del arrollamiento primario será tal que las solicitaciones en el resto de arrollamientos se limiten a aproximadamente el 80% de las tensiones de impulso tipo rayo asignadas a dichos bornes, según norma IEC 60076-3.

j) Ensayo de impulso tipo rayo a todos los bornes de fase y de neutro, incluido el arrollamiento terciario. Se empleará shunt exclusivamente resistivo para el registro de intensidad. De cara a evitar o minimizar la aparición de perturbaciones en los registros de tensión y corriente durante el ensayo, el PROVEEDOR cuidará la ejecución de los circuitos de ensayo y medida.

k) Ensayo de tensión aplicada con CA.

l) Ensayo de tensión inducida con CA de corta duración (CACD) a todos los arrollamientos con una tensión igual o menor a 145 kV. El nivel máximo de descargas a 1,1Um será de 100pC y a tensiones de ensayo superiores a 1,1Um será de 200pC y por debajo aplicará la norma IEC 60076-3. La toma del arrollamiento primario será tal que permita obtener las tensiones de ensayo indicadas por la citada norma.

m) Ensayo de tensión inducida con CA de larga duración (CALD) a todos los arrollamientos con una tensión igual o mayor a 245 kV, con medida de las descargas parciales. Preferentemente el ensayo se realizará con conexión trifásica. Adicionalmente, el PROVEEDOR ofertará como opcional la realización de este ensayo para transformadores con arrollamientos con una tensión menor a 245 kV (ensayo opcional). El nivel máximo de descargas a 1,1Um será de 100pC y a tensiones de ensayo superiores a 1,1Um será de 200pC y por debajo aplicará la norma IEC 60076-3. La toma del arrollamiento primario será tal que permita obtener las tensiones de ensayo indicadas por la citada norma. La toma del arrollamiento primario será tal que permita obtener el mismo factor de sobretensión en el arrollamiento desde el que se aplica la tensión de ensayo.

n) Ensayo de calentamiento (ensayo opcional de tipo, para una unidad de pedido). Si se ha efectuado un ensayo a una unidad idéntica seis meses antes de las fecha FAT, no se realizará este ensayo. Se realizará en la toma de máxima intensidad. En caso de montarse el aero-refrigerante de reserva se inhabilitará por control. En el caso de refrigeración ONAF, el ventilador de reserva se inhabilitará igualmente su entrada en funcionamiento. Si hubiera varios ventiladores alimentados desde la misma protección del cuadro eléctrico, se

desconectaría la protección común, desconectando el grupo de ventiladores. Se realizará el ensayo de calentamiento en todas las etapas de refrigeración. Si el transformador dispone un arrollamiento terciario con capacidad de suministrar potencia a una carga de forma permanente, se realizarán ensayos de calentamiento primario – secundario, primario – terciario y primario con secundario y terciario cortocircuitados. Cada uno de los ensayos anteriores se realizarán en todas las etapas de refrigeración.

o) Ensayo de ruido (ensayo opcional de tipo, para una unidad de cada pedido). Si se ha efectuado un ensayo a una unidad idéntica seis meses antes de las fecha FAT, no se realizará este ensayo. El ensayo de ruido se realizará conforme a la norma IEC 60076-10, mediante el método de medida de la presión acústica, salvo que el PROVEEDOR justifique la elección de realización de las medidas de intensidad acústica. Preferentemente, será realizado en la toma central en primario, y en vacío, salvo que la corriente de carga aporte un nivel significativo en las medidas acústicas, según se indica en la citada norma.

En el caso de disponer de varios tipos de refrigeración (por ejemplo ONAN/ONAF) se realizará una medida por tipo de refrigeración. El informe de ensayo deberá cumplir con la información especificada en la citada norma como mínimo.

p) Medida de pérdidas en vacío (repetición después de los ensayos dieléctricos). Se registrarán los armónicos de la corriente y de la tensión de vacío de las tres fases al 100% y 110% de la tensión asignada del transformador. Se registrará tanto el factor de distorsión armónica total como el % de diferencia entre la tensión media y la eficaz, tal y como lo define la norma IEC-60076-1.

q) Ensayo de respuesta en frecuencia (FRA). Se obtendrán las curvas de respuesta en frecuencia entre 10 Hz y 10 MHz. Se medirán todos los arrollamientos en estrella entre el terminal de fase y el terminal de neutro y todos los arrollamientos en triángulo entre sus terminales de fase. La medida de los arrollamientos con regulación se hará en las posiciones extremas y central (sentido subiendo) del cambiador de tomas. La medida de los arrollamientos sin regulación se hará con el cambiador de tomas en posición 1. Los arrollamientos en triángulo se mantendrán cerrados y sin conectar a tierra en ningún punto durante el ensayo. Será condición necesaria para la aceptación del ensayo la ausencia de magnetismo remanente que distorsione la respuesta a bajas frecuencias. Para ello, el PROVEEDOR aplicará, si fuera necesario, tensión en vacío en el transformador durante 20-30 minutos. En caso de transformadores con cajas adaptadoras de aceite, las medidas se realizarán sin éstas, desde el buje aceite-aceite, una vez finalizados el resto de los ensayos. Este será el último ensayo que se realice en fábrica antes de la preparación para expedición al objeto de que sea perfectamente comparable con la medida que a realizar en campo evitando el efecto que producen en los registros del SFRA otros ensayos.

r) Ensayos de sobrepresión (1 bar), vacío y estanqueidad en la cuba y en las cajas adaptadoras de aceite.

s) Prueba sobrecarga de emergencia de largo tiempo.

t) Medición de humedad interna (punto de rocío).

Una vez finalizados los ensayos dieléctricos y el ensayo de calentamiento, si procede, se realizarán los ensayos siguientes sobre aceite mineral:

- Análisis de gases disueltos en aceite, tanto del aceite de cuba, como del aceite de la caja adaptadora cuando aplique.
- AFINIA se reserva el derecho de tomar una o varias muestras de aceite para analizarlas en su laboratorio de aceites.

Los ensayos de los accesorios del transformador se indican a continuación:

- a) Comprobación de dimensiones y disposición de accesorios.
- b) Comprobación de las diferentes placas de características.
- c) Ensayo de aislamiento y comprobación de funcionamiento de los circuitos auxiliares, alarmas, circuito de ventilación, etc.
- d) Medida de la potencia absorbida por los motores de bombas de aceite y ventiladores.
- e) Ensayo del armario del regulador en carga.
- f) Medición del espesor, adherencia de la capa de pintura del tanque y equipo de refrigeración y comprobación del color.
- g) Inspección visual del transformador y todos sus accesorios.
- h) Comprobación del funcionamiento de todas las señales, medidas y alarmas del transformador y los accesorios incluyendo la prueba del sistema de monitoreo y diagnóstico en línea.

El conmutador de regulación de tensión bajo carga será probado de acuerdo a las indicaciones de la norma IEC 60214 e IEC 60076-1:

- Ensayo mecánico.
- Ensayo de sucesión de las operaciones.
- Ensayo dieléctrico de los circuitos auxiliares.
- Ensayo de resistencia a la presión y al vacío.

Se facilitarán igualmente los protocolos de ensayos de tipo según la citada norma:

- Calentamiento de los contactos
- Ensayos de corte
- Ensayo de corriente de cortocircuito
- Ensayo de las impedancias de paso
- Ensayos mecánicos
- Ensayos dieléctricos.

Los bujes estarán probados con los ensayos de rutina establecidos en la norma IEC 60137:

- Medida de capacidad y tg delta a temperatura ambiente.
- Ensayo de tensión soportada a impulso tipo rayo en seco.
- Ensayo de tensión soportada a frecuencia industrial en seco.
- Medida de descargas parciales.
- Ensayo de aislamiento de las tomas.
- Ensayo de estanqueidad, si procede.
- Inspección visual y verificación de las dimensiones.

Asimismo, se facilitarán los protocolos de ensayos de tipo según la citada norma:

- Ensayo de tensión soportada a impulso tipo rayo en seco o bajo lluvia, si procede
- Ensayo de tensión soportada a frecuencia industrial en seco o bajo lluvia, si procede
- Ensayo de estabilidad térmica
- Ensayo de calentamiento
- Verificación de la corriente térmica soportada de corta duración
- Ensayo de resistencia a la flexión
- Ensayo de estanqueidad

Adicionalmente, los bujes con tensión igual o superior a 245 kV serán sometidas a ensayo de tipo de impulso tipo maniobra a 850 kV.

Al finalizar los ensayos de recepción en fábrica, AFINIA y el PROVEEDOR firmarán un acta de finalización de ensayos donde se reflejarán el resultado global de los mismos (satisfactorio o no satisfactorio) y los aspectos más significativos ocurridos durante los ensayos. En plazo no superior a una semana, el PROVEEDOR enviará a AFINIA el protocolo de ensayos con los resultados (en soporte informático) y los registros informáticos de los ensayos de Capacidad y Tg delta, Respuesta en Frecuencia (FRA).

En caso de fallo, incidencia, perturbación o anomalía durante los ensayos de recepción en fábrica, el PROVEEDOR entregará el protocolo con los ensayos realizados hasta el momento de producirse el mismo. Adicionalmente, el PROVEEDOR entregará un informe con las causas del problema y las acciones conducentes a solucionarlo. AFINIA se reserva el derecho a validar todas las acciones correctoras propuestas por el PROVEEDOR y estará presente en la ejecución de las mismas.

La información a incluir por el fabricante en el protocolo de ensayos es la siguiente:

- a) El protocolo de ensayos final estará sellado y firmado por el fabricante en todas sus páginas y deberá contener, para cada ensayo, todos registros y resultados obtenidos, así como los datos y cálculos intermedios que sean necesarios para repetir en cualquier momento posterior cada ensayo en las mismas condiciones en que fueron realizados.
- b) Se reflejará el orden de los ensayos así como la fecha y hora de realización de los mismos.
- c) El protocolo deberá incluir la placa de características del transformador. En las páginas correspondientes a cada ensayo se indicará la temperatura y la humedad relativa, la fecha y el horario en que fue realizado el ensayo. Igualmente en las páginas correspondientes a cada ensayo se indicarán todos y cada uno de los equipos, sistemas e instrumentos utilizados indicando para cada uno de ellos al menos la siguiente información: Marca ó nombre del fabricante, nº de fabricación, año de fabricación, nº de certificado de calibración, última fecha en que fue calibrado y próxima fecha de calibración; para los transformadores de intensidad y de tensión se indicará además de lo anterior: la relación de transformación, la potencia de carga y precisión del secundario; y para los divisores de tensión se indicará además el nº de estadios utilizados en cada

ensayo así como los voltios por estadio. Además para cada ensayo se incluirá un esquema del circuito de ensayo y de medida.

d) Para los ensayos de impulso tipo rayo y tipo maniobra se incluirá la secuencia con todos los impulsos realizados. Para cada ensayo de impulso sobre una fase se incluirá un esquema del circuito de ensayo y de medida y se indicarán al menos los siguientes valores: valor de resistencia óhmica del shunt, y valor de las resistencias óhmicas limitadoras (si las hay).

e) Las páginas correspondientes a las medidas de pérdidas en vacío deberán incluir al menos los siguientes datos: tensión media y eficaz medida en cada fase, corriente de vacío medida en cada fase, frecuencia, factor de potencia, temperatura del aceite.

f) Las páginas correspondientes a las medidas de pérdidas en carga e impedancia de cortocircuito deberán incluir al menos los siguientes datos: tensión y corriente en cada fase y en cada arrollamiento (primario, secundarios, terciario), frecuencia y factor de potencia, temperatura del aceite, resistencias óhmicas utilizadas para el cálculo de la corrección de las pérdidas, así como los factores de corrección utilizados y su cálculo.

g) La parte del protocolo correspondiente al ensayo de calentamiento incluirá en forma tabulada los datos de todas las temperaturas registradas durante el ensayo y de la potencia de pérdidas aplicada. Se incluirá de forma tabulada también todos los valores de las resistencias óhmicas medidos después de la desconexión de la fuente de alimentación al transformador, así como la fórmula de extrapolación a  $t=0$  utilizada. Se incluirá también los valores utilizados para el cálculo de las pérdidas totales aplicadas.

h) En los ensayos de tensión inducida con CA y medida de descargas parciales, se anotará como valor de éstas el máximo valor recurrente durante un intervalo de tiempo no inferior a 10 segundos. A solicitud de AFINIA se tomarán imágenes del patrón de descargas parciales, que le serán entregadas e incluidas en el protocolo de ensayos. Se anotarán los valores de descargas parciales a todos los niveles de tensión, si bien a efectos de superación del ensayo se tendrá en cuenta lo establecido en la norma IEC 60076-3.

## 5.5 Ensayos especiales. Ensayo de cortocircuito.

AFINIA se reserva el derecho a realizar el ensayo de cortocircuito sobre cualquier unidad a suministrar, según norma IEC 60076-5. Las condiciones de realización del ensayo, junto a las tolerancias a aplicar, son las establecidas por la norma IEC 60076-5.

El laboratorio encargado de realizar los ensayos, someterá al transformador antes de la prueba, a una serie de cortocircuitos con objeto de ajustar las reactancias a emplear para conseguir así el valor de las corrientes de cortocircuito a los valores especificados. En ningún caso, los valores de intensidad de cortocircuito para estos ajustes superarán el 70% de la intensidad de cortocircuito de diseño. Será el laboratorio de ensayo igualmente quien determine la toma en primario que se empleará para los citados ajustes, y el número máximo de cortocircuitos a aplicar.



Se monitorizarán durante el ensayo las tensiones y corrientes de todos los arrollamientos del transformador. Asimismo, se monitorizará las señales de alarma y disparo del relé Buchholz, así como de la/s válvula/s de alivio. No es necesario emplear el relé Buchholz de las cajas adaptadoras de aceite durante el ensayo, cuando aplique.

El ensayo será grabado con cámara de vídeo. Los esquemas de ensayos se realizarán mediante fuente trifásica o “monofásica”, a determinar por el laboratorio de ensayo. En cualquier caso, la cuba estará aislada de la plataforma de ensayo. Ningún punto del transformador será conectado a la red de tierras del laboratorio de ensayo, salvo los equipos de medida de tensión conectados a través de divisores capacitivos.

La modalidad del ensayo será “post-establecido” o “pre-establecido” según decisión del laboratorio de ensayos. La duración del ensayo será determinada por la norma aplicable, si bien el transformador deberá soportar por diseño las intensidades de cortocircuito ofertadas durante un tiempo de dos (2) segundos, tanto a efectos térmicos como dinámicos.

Se comprobará la intensidad de cresta en cada fase, y para tomas central y extrema, realizando aquellos ensayos que permitan comprobar la intensidad de diseño dinámica de todos los arrollamientos. Así, el número de cortocircuitos a aplicar en transformadores con dos arrollamientos será nueve (9). Para transformadores con más arrollamientos, se establece un mínimo de doce (12), considerando tres (3) cortocircuitos plenos para probar el arrollamiento terciario cuando aplique. En caso de transformadores con doble secundario, el número de cortocircuitos plenos aplicados aumentará a quince (15), considerando nueve (9) cortocircuitos AT/BT1 y tres (3) cortocircuitos adicionales AT/BT2, además de tres (3) cortocircuitos para probar el arrollamiento terciario.

Tras la finalización de cada cortocircuito, se medirá la impedancia de cortocircuito entre cada par de arrollamientos, desde ambos lados. Una vez finalizado el ensayo, la variación de impedancia máxima será la establecida por norma, según tipo de transformador (también aplicará esta tolerancia al ensayo del arrollamiento terciario).

Se tomarán como valores origen de impedancias, los medidos antes de la realización del ensayo, que se confrontarán con los valores medidos durante los ensayos de rutina del transformador a ensayar. De la misma forma, se realizará previamente ensayo de FRA, a confrontar igualmente con el realizado durante los ensayos de rutina. En caso de detectarse valores anormales de impedancia después de cada cortocircuito, se realizará ensayo FRA adicional u otras medidas como capacidad y tangente de delta, medida de resistencia de aislamiento, medida de relación de transformación, etc. Asimismo, se medirá pasadas unas horas de nuevo el valor de impedancia de cortocircuito que muestre una variación importante. En caso de detectarse evolución normal de la impedancia de cortocircuito, se realizará ensayo FRA al finalizar cada sesión. En caso de actuar el relé Buchholz, se realizará ensayo de gases combustibles. Así, se extraerán los gases acumulados en el relé y se aplicará llama, con objeto de detectar si dichos gases son combustibles o no. En caso de no serlo, se purgará el relé Buchholz, prosiguiendo los ensayos, y en caso de ser combustibles, se realizará análisis cromatográfico de gases de la muestra de aceite tomada desde la toma de

muestras inferior del transformador. Mientras se espera el resultado de dicho análisis, se realizarán medidas de diagnóstico sobre el estado del transformador. En función de los resultados obtenidos se determinará si prosiguen los ensayos según programa establecido o bien es preciso realizar inspección de la parte activa.

Una vez finalizado el ensayo, se realizará ensayo físico-químico del aceite, así como contenido de gases disueltos. Asimismo, se obtendrán los datos del registrador de impactos durante los días en los que se realizaron las pruebas, disponiendo el fabricante del transformador de los medios necesarios para obtener dicha lectura. De la misma forma, a la llegada al laboratorio de ensayo, se obtendrán los datos del registrador de impactos.

Tras la realización del ensayo, el transformador se trasladará a fábrica del PROVEEDOR, realizándose la inspección de la parte activa por parte del laboratorio encargado del ensayo, y la repetición de los ensayos de rutina establecidos en esta especificación técnica al transformador (los ensayos dieléctricos se realizarán al 100% de la tensión de ensayo). El laboratorio de ensayo será responsable de instalar los precintos adecuados en la tapa del transformador antes de su salida a la citada fábrica.

Analizados los resultados del ensayo de cortocircuito, inspección de la parte activa y repetición de las pruebas de rutina, el laboratorio encargado de realizar el ensayo emitirá un informe final de pruebas, concluyendo si el transformador es apto ante cortocircuito, y en caso contrario, determinando si el fallo es motivado por diseño y/o fabricación del mismo.

Esta prueba podrá ser requerida por AFINIA tanto con anterioridad a la recepción en campo de cada transformador, o bien con posterioridad a ésta, durante el periodo de garantía de cada transformador. El coste del primer ensayo será soportado por AFINIA, que procurará consensuar con EL PROVEEDOR la elección del laboratorio especializado que realizará el ensayo y el protocolo de pruebas a realizar, si bien podrá decidirlo por sí misma en caso de no alcanzar un acuerdo.

El laboratorio encargado de realizar el ensayo deberá emitir un informe final de pruebas, concluyendo si el transformador es apto ante cortocircuito. En caso de que alguno de los transformadores ensayados no superase la prueba, EL PROVEEDOR deberá realizar, a su exclusiva cuenta y riesgo, las modificaciones necesarias de la máquina ensayada y de todas las máquinas de igual serie, estén o no en periodo de garantía, aunque todas o parte de ellas hubieran sido ya recepcionadas por AFINIA e incluso aunque se encontraran ya en operación comercial.

Una vez realizadas las modificaciones pertinentes, AFINIA podrá exigir que se realice un nuevo ensayo de cortocircuito sobre la máquina modificada, para asegurar que tras las modificaciones supera la prueba. Serán asumidos por EL PROVEEDOR los costes íntegros de la repetición del ensayo de cortocircuito (transportes, trabajos de montaje y desmontaje y ensayo). Cualquier divergencia que se produzca con relación a los resultados del ensayo de cortocircuito realizado será valorada por el laboratorio independiente que a tal efecto se contrate.

Las corrientes a aplicar serán las máximas de cada arrollamiento considerando los distintos escenarios de cortocircuito en el funcionamiento real del transformador, a su tensión nominal.

En cualquier caso, se llegará a un acuerdo previo entre comprador y fabricante para la determinación del protocolo de los ensayos a realizar, corrientes a aplicar de acuerdo con las impedancias medidas, elección del laboratorio de ensayo, contratación del ensayo al citado laboratorio y asignación de responsables de las diferentes actividades a realizar, si bien, quedaría dentro del alcance del ofertante adjudicatario el suministro de todo accesorio necesario para realizar la conexión al circuito de ensayo, así como de todos los procesos implicados en la preparación del transformador para la realización del ensayo y la repetición de los ensayos de rutina, incluidos los ensayos dieléctricos al 100% de la tensión de ensayo. Inicialmente ambos transportes, desde fábrica a laboratorio de ensayo, y viceversa, serían realizados por el adjudicatario.

## 5.6 Ensayos de recepción en campo.

Con carácter general, los ensayos de recepción en campo que se enumeran a continuación, estarán incluidos en el alcance del suministro y serán realizados de acuerdo a los procedimientos establecidos por AFINIA y con su presencia. En cualquier caso, AFINIA se reserva el derecho de incluir otros ensayos adicionales, cuya definición técnica y valoración económica se realizaría aparte. Los ensayos en campo del transformador sólo podrán ser realizados por una de las empresas homologadas por AFINIA para tal fin.

Los ensayos eléctricos y dieléctricos del transformador son los siguientes:

### a) Ensayo de respuesta en frecuencia (FRA)

Se obtendrán las curvas de respuesta en frecuencia entre 10 Hz y 10 MHz. Se medirán todos los arrollamientos en estrella entre el terminal de fase y el terminal de neutro y todos los arrollamientos en triángulo entre sus terminales de fase. La medida de los arrollamientos con regulación se hará en las posiciones

extremas y central (sentido subiendo) del cambiador de tomas. La medida de los arrollamientos se regulación se hará con el cambiador de tomas en posición 1. Los arrollamientos en triángulo se mantendrán cerrados y sin conectar a tierra en ningún punto durante el ensayo. Se facilitarán los registros en formato electrónico. Este será el primer ensayo que se realice antes que ningún otro para que pueda ser perfectamente comparable con el ensayo SFRA realizado en fábrica evitando magnetizaciones y efectos que alteren esta medida producidas por el resto de ensayos.

### b) Medida de Relación de transformación, grupo de conexión y rotación de fases.

La medida se hará en todas las posiciones del cambiador de tomas. Se realizará la medida en todas las combinaciones de pares de arrollamientos. Para todas las medidas citadas, se establece una tolerancia admisible de  $\pm 0,5\%$  de desviación sobre el valor teórico.

c) Medida de las resistencias de aislamiento: núcleo-masa, núcleo-estructura de bridas, estructura de bridas-masa, entre arrollamientos, arrollamientos-masa.

d) Ensayo de Capacidad y tg delta de los arrollamientos

Para transformadores de dos arrollamientos, se considerarán como mínimo las medidas de CH+CHL, CH, CHL, CHL+CL y CL a las tensiones de 2 y 10 kV. Para transformadores de tres arrollamientos, se considerarán como mínimo las medidas de CH+CHL, CH, CHL, CLT+CL, CL, CLT, CT+CHT, CT y CHT, a las tensiones de 2 y 10 kV. Deberán facilitarse los registros informáticos en formato electrónico.

Los límites de aceptación en los ensayos en campo serán:

- Tangente de delta: Debe ser inferior al 0,5 % si  $U_n$  es superior a 145 kV y debe ser inferior a 0,6 % si  $U_n$  es inferior a 145 kV.
- Ensayos de Tip - up: Diferencias en valores de intensidad de pérdidas inferior al 12 %.

e) Ensayo de Capacidad y tg delta de los bujes equipados con toma capacitiva.

Los bujes se medirán individualmente, montadas sobre el transformador y se considerarán como mínimo las medidas de C1 y C2, a las tensiones de 2 y 10 kV (para C1) y 0,5 y 1 kV (para C2). Se deberán facilitar los registros informáticos en formato electrónico.

Límites de aceptación en este orden de prevalencia:

- Fabricante, si los límites y variación respecto placa está definido por el fabricante.
- Tangente de delta. No más de un 10% respecto el valor de placa en el aislamiento principal C1, o un 0,1% respecto el valor de placa.
- Capacidad: No más de un 10% respecto el valor de placa en el aislamiento principal C1.
- Tangente de delta:
  - C1: 0,5%
  - C2. 1% Bujes convencionales
  - C2. 2% Bujes Aceite-Aceite
- Normativa vigente IEC

f) Ensayo de excitación reducida

El ensayo se realizará en todas las posiciones del cambiador de tomas en el arrollamiento que regule y en la posición 1 en los que no haya regulación. Se deberán facilitar los registros informáticos en formato electrónico. Límites: Diferencia de corriente de excitación en columnas extremas del núcleo no debe ser superior a un 6 %.

g) Ensayo de Reactancia de fuga

El ensayo se realizará para todas las combinaciones de arrollamientos y posiciones de tensión de cortocircuito marcado en la placa de características. Deberán facilitarse los registros informáticos en formato electrónico.

Limites de aceptación:

- No debe superar +/- 2% del valor medido respecto el valor de placa de Ucc% en AT/BT. En caso de desviaciones superiores, se debe justificar estas desviaciones.
- Igualmente se debe evaluar las diferencias encontradas en los ensayos monofásicos que no deben ser superiores a un 2% entre fases.

h) Medida de resistencia de todos los arrollamientos y en todas las posiciones del cambiador de tomas del arrollamiento que regula. Para todas las medidas citadas, se establece una tolerancia admisible de  $\pm 3$  % de desviación entre fases. En caso de desviaciones superiores, estas deben ser debidamente justificadas por el fabricante.

i) Inspección visual del transformador y todos sus accesorios.

u) Comprobación del funcionamiento de todas las señales, medidas y alarmas del transformador y los accesorios incluyendo la prueba del sistema de monitoreo y diagnóstico en línea.

En cuanto a los ensayos sobre el aceite mineral:

- Ensayo físico-químico del aceite (incluyendo rigidez dieléctrica).
- Ensayo de calificación de aceite (contenido en agua, densidad, color, tg delta, etc).
- Análisis de gases disueltos en aceite.
- Cromatografía de Policlorobifenilos (PCBs).
- Análisis del contenido de inhibidor.

Los valores medidos en el ensayo físico químico y calificación del aceite no excederán los valores admisibles para aceites nuevos.

v) Ensayo de corriente de excitación.

El valor al 100% de la tensión nominal será inferior al 0,5% de la corriente nominal. En fabrica se harán mediciones de la corriente de excitación al 95%, 100%, 105% y 110% de la tensión nominal y se obtendrá la curva de magnetización.

v) Pruebas al tablero de control.

w) Se determina la regulacion con carga nominal y factor de potencia 1, 0.9 y 0.8

## 6. Penalizacion Por Incumplimiento De Caracteristicas Tecnicas Garantizadas

Este procedimiento para la evaluación de las características técnicas garantizadas, los criterios de aceptación del transformador, las tolerancias y el cálculo de penalizaciones, es aplicable a todos los equipos.

## **6.1. Definiciones**

Valores garantizados: Son los valores de las pérdidas, relación de transformación, impedancia y máxima temperatura del aceite que el fabricante ha consignado en las FICHAS TECNICAS en la propuesta y que sirven como base para la evaluación de propuestas en las licitaciones o invitaciones a cotizar y para establecer las penalizaciones por su incumplimiento.

En la etapa de evaluación de las Propuestas, los valores garantizados de las pérdidas dados por EL CONTRATISTA en su propuesta, se multiplicarán por su factor respectivo y su producto se sumará al costo del transformador.

En la etapa de negociación con el Proveedor, los excesos de los valores garantizados de las pérdidas, relación de transformación e impedancia medidos durante las pruebas en fábrica del transformador de potencia, se multiplicarán por su factor respectivo y sus productos se descontarán del costo del transformador.

Valores medidos: Son los valores de las pérdidas, relación de transformación e impedancia obtenidos en las pruebas en fábrica y consignados en los protocolos.

Criterios de aceptación del transformador y penalizaciones: El transformador se aceptará cuando sus medidas estén dentro de las tolerancias señaladas por la norma IEC 60076-1, 2011.

## **6.2. Evaluación de las propuestas garantizadas**

Los excesos en los valores garantizados que resulten en las pruebas en fábrica serán penalizados y el valor resultante será descontado del transformador como se describe a continuación.

### **6.2.1. Relación de tensión**

La relación de tensión en vacío se verificará en todas las parejas de devanados y en cualquier posición del cambiador de tomas. Desviación medida

$RT(\%) = \text{exceso sobre } \pm 0,25\%$  del valor de la relación de tensión garantizada, consignada en la Ficha Técnica de la Propuesta.

Penalización

V RT % = Valor total por el exceso de los valores garantizados en las medida de la relación de tensión.

0,25% < RT(%) < 0,40%                      V RT % = 0,1% del valor DDP del transformador

0,40% ≤ RT(%) ≤ 0,50%                      V RT % = 0,2% del valor DDP del transformador

-0,25% > RT(%) > -0,40%                      V RT % = 0,1% del valor DDP del transformador

-0,40% ≥ RT(%) > -0,50%                      V RT % = 0,2% del valor DDP del transformador

### 6.2.2. Medida de la impedancia

En todos los casos el excedente en los valores garantizados de las impedancias se cuantificará y penalizará del modo siguiente:

Desviaciones medidas

Z(%) = Exceso en ±2,5% del valor garantizado de la impedancia por cada pareja de devanados consignados en la Ficha Técnica, en la posición nominal y extremas.

Penalización

V desv. = Valor total por el exceso de las características garantizadas en las medidas de las impedancias.

+ 2,5% < Z(%) <+ 10 %                      V RT % = 0,1% del valor DDP del transformador

- 2,5% > Z(%) >-10 %                      V RT % = 0,1% del valor DDP del transformador

### 6.2.3. Temperatura máxima del aceite

Las penalizaciones por los excesos en los valores de la máxima temperatura del aceite con referencia al valor propuesto, serán las siguientes:

De 0 a 2 °C : Sin penalidades

De 2,1 a 3,5 °C : 2% del valor del contrato

De 3,6 a 5 °C : 5% del valor del contrato

## 7. Supervisión técnica de la puesta en servicio

EL PROVEEDOR suministrará los servicios de un inspector calificado para supervisar el proceso de puesta en servicio.

Para los transformadores con doble relación por el lado de alta tensión, será responsabilidad del representante del PROVEEDOR que el equipo se encuentre en la relación de transformación apta para la puesta en servicio en la subestación donde está instalado.

## 8. Marcas

Cada transformador de potencia llevará una placa de características, de material resistente a la intemperie (en acero inoxidable), fijada en un lugar visible, en la que se hará constar, de forma indeleble y legible (caracteres de 5 mm de altura en alto relieve) los siguientes parámetros, en concordancia con la Norma IEC- 60076-1, numeral 7.

- Tipo del transformador.
- Norma IEC 60076-1.
- Nombre de EL PROVEEDOR.
- Nombre de: AFINIA
- Número de serie de EL PROVEEDOR.
- Año de fabricación.
- Número de fases.
- Potencia asignada en MVA. Para transformadores de más de dos devanados, se dará la potencia asignada de cada uno de ellos. Se indicará también las condiciones de cargas, salvo si la potencia asignada de uno de los devanados es igual a la suma de las potencias asignadas de los otros devanados.
- Frecuencia asignada (en Hz).
- Tensiones asignadas en kV y de las derivaciones del CDBC.
- Corrientes asignadas en A.
- Símbolo y diagrama de acoplamiento.
- Impedancia de corto circuito, valor medido expresado en tanto por ciento. Para transformadores de más de dos devanados, se indicarán las impedancias para las diferentes combinaciones, con los valores respectivos de la potencia de referencia.
- Tipo de refrigeración. (Si el transformador tiene varios métodos de refrigeración, los valores de las potencias correspondientes pueden expresarse en tanto por ciento de la potencia asignada, por ejemplo ONAN/ONAF 80%/100%).
- Masa total del transformador, máxima masa para transporte y masa total del aceite.
- Datos de los transformadores de corriente.
- Diagramas de conexión incluyendo el CDBC.
- Referencia del manual de operación y mantenimiento.

### Informaciones complementarias:

Para transformadores con uno o más devanados cuya tensión más elevada del material, Um sea igual o superior a 3,6 kV:



- Anotación abreviada de los niveles de aislamiento (tensiones de impulso).

Para transformadores con un devanado con derivaciones:

- Una tabla indicando la tensión de la derivación, la corriente y potencia de la derivación para todas las derivaciones. Además, se indicará el valor de la impedancia de corto circuito para la derivación principal y por lo menos, para las derivaciones extremas, preferentemente expresado en ohmios por fase con referencia a un devanado específico.
- Masa para el transporte (para los transformadores cuya masa total sobrepase las 5 t.).
- Masa de desencubado (para los transformadores cuya masa total sobrepase las 5 t.).
- Resistencia al vacío de la cuba y del conservador.

Además de la placa principal de características con la información indicada anteriormente, el transformador llevará placas con la identificación y características de los equipos auxiliares de acuerdo con las normas para tales equipos (pasatapas, conmutador de derivaciones, transformadores de corriente, equipos especiales y equipos de refrigeración) y la placa descrita en 4.1.5 con el diagrama de válvulas y tuberías con la indicación de su estado durante los tratamientos y llenado de aceite y la operación normal.

Se incluirán también, placas con los esquemáticos del sistema de refrigeración y las protecciones mecánicas del transformador de potencia; estas placas serán instaladas en el gabinete de control del sistema de enfriamiento.

Para transformadores de potencia especiales con doble relación de trabajo en el primario (o en el secundario), se suministrarán dos (2) placas con las características del transformador en cada una de las conexiones.

## 9. Transporte y embalaje

EL PROVEEDOR tomará las medidas necesarias para garantizar que el equipo no sufra daños durante el transporte desde la fábrica hasta el sitio de instalación o acopio. Es su responsabilidad informarse según sus necesidades de:

- Puerto de entrega.
- Condiciones climatológicas de la ruta.
- Medio de transporte.
- Dimensiones y pesos para transporte terrestre, de acuerdo a lo reglamentado en la **Resolución 004100 de 2004 del Ministerio de Transporte de Colombia.**

Para asegurar la estanqueidad el tanque principal del transformador será preparado para transporte marítimo o terrestre, sin líquido aislante con un porcentaje de humedad residual menor o igual a 0,3%, desde la salida de la fábrica hasta su puesta en funcionamiento, se conectará a cilindros de nitrógeno comprimido (de ultra alta pureza) o aire seco licuado, con válvula reductora regulable de presión, de forma tal que en todo momento la presión relativa sea positiva. A ambos lados de la válvula se dispondrán manómetros y estará rígidamente conectada al tanque principal,

debidamente protegido. Estos equipos de nitrógeno o aire seco serán recargables y quedarán luego en poder de AFINIA

Mientras esté en tránsito el transformador no tendrá en ningún momento presión negativa.

En el caso de que se requieran esfuerzos o elementos de sujeción internos durante el embarque y transporte se indicará claramente en estas piezas, así como en los instructivos y dibujos la leyenda “RETIRARSE DURANTE EL MONTAJE”.

## 7.1 Registrador de impactos

Se describen las características del registrador de impactos a instalar para transporte:

### 7.1.1 Requerimientos

Durante el transporte y manejo del transformador de potencia hasta el lugar de operación, EL PROVEEDOR instalará registradores de impactos digitales adosados a la unidad.

La señal obtenida del registrador será analizada y de acuerdo a sus características se realizará una evaluación de los posibles impactos recibidos por el transformador. El registrador de impactos, permitirá el registro de los siguientes parámetros:

- **Amplitud pico:** Amplitud máxima de la aceleración medida en múltiplos de “g”, donde  $g=9,8 \text{ m/s}^2$ .
- **Amplitud crítica:** valor mínimo de la amplitud del impacto en el cual a partir de éste existe alta probabilidad de daño.
- **Duración:** cantidad de tiempo en que se sobrepase la amplitud crítica permitida.  
Puede ser expresada en términos de frecuencia:  $\text{Frecuencia} = (1/\text{duración})/2$ .
- **Duración crítica:** valor mínimo de duración de la amplitud pico del impacto en el cual a partir de este existe alta probabilidad de daño.

El registrador sensorará (detectará) en tres dimensiones (X, Y, Z), y será capaz de almacenar todos los eventos en donde se sobrepasen la amplitud y la duración crítica en cualquiera de las dimensiones.

Además almacenará el número de ocurrencias de estos eventos.

El PROVEEDOR entregará el NOSS (por sus siglas en inglés, Non Operating Shock Specification) del transformador en términos de la amplitud y duración crítica que será ingresada en la previa configuración del registrador.

### 7.1.2 Resultados

Los resultados de los registradores de impacto montados en el transformador serán analizados teniendo en cuenta que para que un impacto cause daños en un transformador cumplirá simultáneamente las siguientes consideraciones:

- La amplitud pico excederá la amplitud crítica.
- La duración del pico en la curva entregada por el registrador excederá la duración crítica o en su defecto la frecuencia entregada será menor que la frecuencia crítica.

El PROVEEDOR suministrará a AFINIA información técnica completa sobre el registrador de impactos, análisis e interpretación de resultados, documentación aportada junto con la información de la unidad y presentada con antelación a la actividad de transporte, sujeta a la revisión y aprobación de AFINIA.

El registrador de impactos será propiedad del PROVEEDOR, quien una vez el transformador este en su sitio de operación y registrados los resultados procederá a desmontarlo.

El PROVEEDOR suministrará los medios necesarios para poder leer in situ en presencia de los representantes de AFINIA los datos de dicho registrador antes del comienzo del montaje del transformador, que le será devuelto una vez se haya realizado el transporte. Los documentos de entrega del transformador necesariamente deben incluir el registro (archivo, papel...) del registrador de impactos. Posteriormente, el fabricante enviará informe definitivo en un plazo máximo de quince (15) días.

Se instalarán **dos registradores** por transformador para eliminar oportunidades de pérdida de información debido a alguna falla. Los registradores serán montados diagonalmente en posiciones opuestas para mejores resultados.

Importante: en caso de que el transporte y la descarga hayan sido realizados por la misma empresa, no hay necesidad de desconectar el registrador y cambiar su posición durante una operación y otra.

Los registradores le serán devueltos a EL PROVEEDOR después de que AFINIA haya analizado estos registros e inspeccionado los transformadores.

### **7.1.3 Empaque individual**

Los aisladores pasatapas, radiadores, equipos de enfriamiento, tanques auxiliares, gabinetes, instrumentos y accesorios externos serán empacados separadamente al tanque, en cajas cerradas que los protejan contra los efectos de manejo severo y de un depósito prolongado a la intemperie. Todas las partes que puedan ser afectadas por la humedad, serán empacadas en material impermeable y en cajas con desecadores en su interior, para absorber la humedad atrapada o penetrante.

Los repuestos serán empacados adecuadamente para perfecta conservación durante varios años, bajo condiciones normales de almacenamiento interior en cajas o empaques separados con marcas que los identifiquen plenamente como repuesto.

El tanque principal y las cajas serán marcados en forma indeleble con el número de orden y otras identificaciones particulares especificadas en la hoja de despacho.

Cada cajón estará marcado en un sitio visible, por lo menos en dos de sus caras laterales opuestas, con la siguiente identificación mínima:

- Nombre de EL PROVEEDOR.
- Tipo de material.
- Tensión nominal en kV.
- AFINIA.
- Tipo de elementos que contiene.
- Peso total.
- Número de remesa o lista de despacho.

#### **NOTAS:**

-Junto con cada transformador se suministrará un galón de pintura del color del transformador a efectos de realizar retoques que surjan durante el montaje.

-Todos los elementos y componentes que hacen parte del suministro del transformador tendrán que ser entregados junto con un packing list detallado de los mismos.

## **8 Alcance**

Se describe a continuación el alcance:

### **8.1 Alcance de la oferta**

EL OFERENTE adjuntará toda la documentación que considere oportuna para una definición lo más exacta posible de los transformadores de potencia a suministrar, incluyendo como mínimo la que se indica a continuación:

- a. Ficha técnica del transformador de potencia, adjunta en el **ANEXO 2: "FF TT TRANSFORMADORES DE POTENCIA MAYORES A 10 MVA"** de este documento, completada con las características particulares de EL PROVEEDOR.
- b. Catálogo del transformador de potencia ofertado, que muestre en detalle las características de todos y cada uno de los elementos y equipos accesorios integrantes y externos del transformador.
- c. Catálogo con información técnica de los conectores de los terminales.
- d. Catálogo con información técnica de los descargadores de sobretensión
- e. Planos del transformador con las características mecánicas y dimensionales.
- f. Cronograma detallado de fabricación del transformador y todos sus elementos y equipos componentes.

- g. Fotocopias de certificados del Sistema de Gestión de Calidad según norma ISO 9001:2000, Sistema de Gestión Ambiental según norma ISO 14001, Sistema de Gestión en Seguridad y Salud Ocupacional según norma OHSAS 18001 y Sistema de Gestión de Acreditación del Laboratorios de pruebas según norma ISO/IEC 17025.
- h. Construcción de las instalaciones provisionales que se requieran, suministro de energía durante la construcción, suministro del servicio de internet inalámbrico y comunicaciones, suministro de agua tanto para consumo humano como para el montaje del equipo, suministro de software especializado, equipos de cómputo, comunicaciones y transporte permanente en la obra, instalaciones para almacenamiento de materiales cubiertos y oficinas tipo móvil contenedor, instalación de la señalización en las áreas de trabajo, baños provisionales, los costos asociados a los elementos de protección personal y dotación ignífuga, los controles de calidad establecidos en especificaciones, la vinculación al proyecto de un profesional del área de salud ocupacional y toda la infraestructura para el desarrollo de los proyectos según lo establecido en las especificaciones “EETT requerimientos generales de obra.”

## 8.2 Alcance del suministro

El suministro del transformador de potencia incluye:

- Transformador de potencia con todos los accesorios.
- Dispositivo de anclaje para actividades de mantenimiento y/o ensamble sobre la cubierta. Un dispositivo por transformador.
- Ingeniería y diseño.
- Acopio de materiales, incluido el aceite de refrigeración puesto en la subestación.
- Fabricación y montaje.
- Pruebas en fábrica.
- Cronograma de fabricación acorde a cronograma tipo adjunto.
- Preparación para el transporte y carga en fábrica de la unidad. En caso de que, por la ubicación de la fábrica, fuera necesario que parte del transporte se realizara por vía marítima, se considerará incluido en el alcance principal también dicho transporte marítimo, así como el transporte terrestre, la descarga en el puerto designado y en la subestación de montaje.
- Transporte del resto de equipos y accesorios requieran o no transporte especial.
- Inspección y verificación en sitio de montaje de los componentes del transformador, concluidas las labores de descargue.
- Montaje, ensamble de componentes, instalación de instrumentos, cableado de control y fuerza de baja tensión, pruebas antes de llenado, proceso de llenado de aceite, ensayos en campo, pruebas de puesta en servicio y funcionales, y supervisión del proceso de puesta en servicio.
- Supervisión técnica de la puesta en servicio.
- Suministro de repuestos.
- devanado

### 8.2.1 Equipo

El transformador de potencia, con todos sus equipos y sistemas que lo componen: conmutador de derivaciones, sistema de refrigeración forzada, bujes pasatapas, transformadores de corriente,

gabinetes locales de control, tanques conservadores, sistema de válvulas, sistema de protecciones, conectores de alta tensión, descargadores de sobretensión (según el caso) y demás elementos requeridos en la presente especificación incluyendo pruebas, transporte, manejo y descarga en el sitio establecido por AFINIA.

### **8.2.2 Diseño**

La documentación del diseño del transformador de potencia será suministrada de acuerdo a un Programa de entrega de documentación técnica que será sometido previamente a aprobación de AFINIA.

En este programa se indicará en forma cronológica el suministro de toda la información requerida, cuyo alcance y programación estará sujeto a la aprobación de AFINIA.

Toda la documentación del diseño del transformador utilizará el sistema internacional de unidades. Los planos se elaborarán siguiendo las pautas establecidas en la publicación "ISO Standards Handbook 12" y se utilizarán formatos de la serie ISO-A.

El Programa de Entrega de Documentación Técnica y el listado de documentos del diseño con información sobre los planos y manuales que se desarrollarán se presentarán a AFINIA dentro de los quince (15) días calendarios después de la adjudicación del suministro.

EL PROVEEDOR será responsable de la ejecución y elaboración del diseño detallado del transformador de potencia a suministrar que presentará para la aprobación de AFINIA, la cual incluirá planos, diagramas de cableado, guía para la construcción de su base, cálculos del sistema de refrigeración, curvas de sobrecarga y daño del transformador y toda la información necesaria aunque ella no esté explícitamente citada en estas especificaciones y en un todo de acuerdo con lo establecido en las normas nacionales e internacionales, aplicables al diseño de transformadores.

En la guía para la construcción de la base se indicarán las dimensiones físicas del transformador, su peso total, la ubicación de las ruedas y la disposición de sus ejes, así como toda la información necesaria para la construcción de la base donde se ubicará el mismo para su instalación definitiva.

### **8.2.3 Documentación técnica**

EL PROVEEDOR, previo establecimiento de un programa de entrega de documentación técnica, aprobado por AFINIA, entregará para revisión y aprobación como mínimo la siguiente documentación técnica.

La información técnica será suministrada a AFINIA a los cuarenta y cinco (45) días calendario, contados a partir de la adjudicación del suministro.

- Diseños dimensionales, disposición de vistas en planta y elevación con las dimensiones precisas.
- Diseños de los radiadores y circuito hidráulico con las dimensiones y características.
- Diseños de accesorios y terminales.
- Diseños del conmutador bajo carga.
- Diseño del sistema de refrigeración forzada.
- Datos de placa del transformador.
- Diseño de los gabinetes de control.
- Esquemas funcionales de los gabinetes de control del transformador: local.
- Planillas de cableado del gabinete de control.
- Datos dimensionales de ingeniería del núcleo.
- Datos dimensionales de ingeniería de los radiadores.
- Lista de accesorios y materiales empleados.
- Disposición y cortes de aisladores pasatapas.
- Estructura soporte del conjunto núcleo/devanados y terminales de devanados.
- Localización de todos los instrumentos, accesorios y terminales de devanados.
- Disposición y detalles de tuberías y ductos.
- Detalles de la base del transformador y anclajes.
- Dimensiones de transporte y desencubado del transformador.
- Planos esquemáticos de control y de conexión de todos los componentes y sistemas auxiliares.
- Dibujos de placas de características.
- Dimensiones y cortes de los radiadores.
- Disposiciones y detalles de ventiladores y motores.
- Disposición y detalles de cajas de cables y descargadores de sobretensión.
- Disposición y detalles del cambiador de derivaciones y todos los dispositivos de accionamiento.
- Descripción técnica general de los aspectos constructivos del transformador y sus equipos accesorios e instrumentos.
- Curvas de daño de cada transformador, para efectos de coordinación de protecciones.
- Fichas técnicas del transformador con todos sus equipos, instrumentos y accesorios.
- Lista de planos.
- Instrucciones de montaje y puesta en servicio, incluyendo un programa de ejecución de obra.
- Descripción de las pruebas de recepción necesarias de acuerdo con los requerimientos de estas especificaciones técnicas y las recomendaciones de EL PROVEEDOR.
- Instrucciones y recomendaciones especiales para la puesta en servicio del transformador.

#### **8.2.4 Instrucciones de transporte terrestre del transformador.**

- Instrucciones de operación incluyendo la descripción detallada del funcionamiento del transformador y todos y cada uno de sus equipos, accesorios, instrumentos, así como instrucciones para la toma de carga del transformador.
- Instrucciones de mantenimiento con cronograma de actividades de mantenimiento preventivo, convenientemente descritas. Instrucciones para la eventual reposición de cualquier parte que pueda resultar dañada durante la operación del transformador.
- Protocolos de ensayos en fábrica y tipo detallados según metodología de evaluación y resultados de las pruebas.
- Certificados de prueba de la materia prima y otros accesorios empleados en la construcción del transformador.

- Curvas de magnetización del núcleo según los parámetros técnicos correspondientes.
- Lista de repuestos con las características técnicas y comerciales necesarias.
- Catálogos con información técnica de los conectores para los terminales.
- Catálogos con información técnica de los descargadores de sobretensión.

### 8.2.5 Presentación de documentos

Los documentos técnicos se presentarán de acuerdo con las siguientes indicaciones:

- Los documentos suministrados tendrán los textos en español y las dimensiones se expresarán en el sistema métrico.
- Los documentos en texto se elaboran en Office 2000, mientras que los planos se elaborarán en Autocad 2000.
- Todos los documentos incluirán dentro de las casillas del título, como mínimo la siguiente información:
  - Identificación del cliente: AFINIA.
  - Título del documento con la descripción del contenido.
  - Todos los documentos tendrán espacios en blanco de diez (10) por doce (12) centímetros, junto a la casilla del título para registro y aprobación de AFINIA.
  - Cada revisión se identificará por un número, la fecha y una breve descripción del objeto de la misma.

### 8.2.6 Revisión de documentos

Se entregará a AFINIA para revisión toda la documentación y planos según el programa de entrega de documentación técnica aprobado para el suministro.

Dentro de los cinco (5) días hábiles siguientes contados a partir de la fecha de recepción en AFINIA de cualquiera de los documentos mencionados anteriormente, se devolverá una copia clasificada como "APROBADO", "APROBADO CON COMENTARIOS", "DEVUELTO PARA CORRECCIÓN" o "INFORMATIVO".

Una vez sean revisados los documentos técnicos, AFINIA dará cualquiera de los tres conceptos, según sea pertinente:

- **"APROBADO"**, plano o documento aprobado y por tanto puede ser usado sin reparo para el diseño, instalación o montaje.
- **"APROBADO CON COMENTARIOS"**, plano o documento en el cual se señalan comentarios que serán tenidos en cuenta mientras se emite una nueva versión con los comentarios descritos corregidos. El CONTRATISTA podrá acometer el diseño, instalación o montaje, bajo su responsabilidad, tomando en cuenta los comentarios. El plazo máximo permitido para la emisión del nuevo documento será de cinco (5) días hábiles.
- **"DEVUELTO PARA CORRECCION"**, planos o documentos No Aprobados serán nuevamente emitidos con todas las correcciones requeridas. No pueden ser usados para el diseño, instalación



o montaje. El plazo máximo permitido para la emisión del nuevo documento es de cinco (5) días hábiles.

Cualquier trabajo de montaje o pruebas efectuado antes de que los planos o protocolos respectivos sean aprobados por AFINIA, será por cuenta y riesgo del CONTRATISTA, quien asumirá los gastos que ocasionen los cambios.

La aprobación de planos por parte de AFINIA, no exonerará al CONTRATISTA de sus obligaciones y de sus compromisos contemplados en los documentos de EL CONTRATO o de la responsabilidad para hacer las correcciones necesarias en estos.

#### **8.2.7 Número de revisiones de la documentación técnica presentada a AFINIA:**

Se establecen dos (2) revisiones de toda la documentación técnica presentada por EL CONTRATISTA, en el evento de requerirse más revisiones se establecerán penalizaciones en EL CONTRATO.

Bajo ninguna circunstancia se podrán iniciar labores de fabricación, ensamble, montaje o conexión, sin la aprobación de planos, esquemas, etc. por parte de AFINIA.

#### **8.2.8 Bujes de repuesto**

Se requiere el suministro de un buje completo de cada una de las diferentes tensiones y/o referencias instalados en el transformador.

El costo de los repuestos estará contemplado dentro del precio del transformador, presentado por aparte.

#### **8.2.9 Manuales**

Los manuales del transformador de potencia contendrán toda la información técnica del proyecto incluyendo los resultados de las pruebas. El contenido de los manuales será sometido a aprobación de AFINIA.

##### **8.2.9.1 Manual de operación y mantenimiento**

EL PROVEEDOR suministrará a AFINIA cuatro (4) copias de los manuales de operación y mantenimiento así:

- Dos (2) copias físicas de toda la documentación del proyecto con sus respectivas copias de CD (Tomo 1). Incluye correspondencia, actas, ensayos individuales, diseños, resultados de pruebas y ensayos.

- Cuatro (4) copias físicas con sus respectivos CD (Tomo 2). Incluye planos, características técnicas de los equipos, placas del transformador, manuales operativos y de mantenimiento.

El Manual de Operación y Mantenimiento contemplará instrucciones detalladas con planos de tamaño reducido, listas de partes y catálogos, incluirá toda la información que pueda ser necesaria o útil para la operación, mantenimiento, reparación o identificación de partes, cuando se requieran pedidos de repuesto.

Como un complemento de la fabricación y pruebas en fábrica, EL PROVEEDOR suministrará a AFINIA toda la información técnica relacionada con el transformador de potencia suministrado, extensible pero no limitada a lo siguiente:

- Descripción completa del transformador de potencia incluyendo partes y accesorios.
- Lista final de planos.
- Lista final de catálogos.
- Instrucciones de mantenimiento.
- Instrucciones de operación.
- Registros de pruebas en fábrica.
- Instrucciones de lubricación.
- Curvas de funcionamiento.
- Procedimientos y normas de seguridad.
- Registro de las características garantizadas obtenidas.
- Lista de suministros.
- Resumen de los cambios operados durante el trabajo.
- Lista de códigos, normas y regulaciones empleadas.
- Lista de piezas de repuesto indicando cantidades, códigos y referencias, así como nombre y localización de EL PROVEEDOR.
- Recomendaciones para el mantenimiento preventivo incluyendo:
  - Actividades del mantenimiento preventivo.
  - Periodicidad.
  - Procedimientos para ejecución de dichas actividades.
  - Valores recomendados, tolerancias, rangos, valores de ingeniería, recomendados para la operación y mantenimiento.
  - Recomendaciones a seguir durante la verificación o inspección, indicando la instrumentación requerida y su grado de precisión.
  - Actividades para ejecución de técnicas de diagnóstico.
  - Criterios para calibración y/o ajuste.
- Recomendaciones para el mantenimiento correctivo:
  - Procedimiento de ayuda para encontrar fallas.
  - Formas y criterios para reparación.
  - Recomendaciones y verificaciones a seguir antes y después de la reparación, pruebas después de haber terminado el mantenimiento correctivo.
  - Criterio para recuperación de materiales o de perfiles.
  - Criterio para el cambio o sustitución de materiales componentes o equipos.
- Recomendaciones para la operación incluyendo:

- Diagramas de bloques, esquemas básicos, función de cada componente.
- Diagrama general, función básica del conjunto de descripción operativa.
- Puesta en operación segura del equipo, principales consignas de operación.
- Enclavamientos y avisos especiales.
- Procedimientos para la energización o puesta en marcha.
- Procedimientos para la desenergización o parada.
- Procedimientos para la ejecución de pruebas de rendimiento o eficiencia (si es aplicable).
- Procedimientos para el análisis de tiempos de respuesta.

#### **8.2.9.2 Manual de montaje**

EL PROVEEDOR suministrará a AFINIA cuatro (4) copias del manual de montaje del transformador de potencia, el cual contendrá al menos la siguiente información:

- Guías generales para el montaje.
- Instrucciones para transporte, almacenamiento y montaje de los de todos los equipos suministrados.
- Formato de cada equipo en el cual se consignarán los resultados de las pruebas en sitio.
- Toda la información en idioma español

## ANEXO 1

### Normas de referencia

Norma	Fecha	Título
IEC 60050	2002	International Electrotechnical Vocabulary
IEC 60060	2006	High - voltage test techniques
IEC 60071 -1	2006-01	Coordinación de aislamiento Parte 1: "Definiciones, principios y normas."
IEC 60071 -2	1996-12	Coordinación de aislamiento Parte 2:" Guía de aplicación"
IEC 60076 - 1	2011	Power transformers - Part 1: "General"
IEC 60076 – 1 – am 1	1999-09	Amendment 1 - "Power transformers" - Part 1: "General"
IEC 60076 - 2	2011	Power transformers - Part 2: "Temperature rise"
IEC 60076 - 3	2013	Power transformers - Part 3: "Insulation levels, dielectric tests and external clearances in air"
IEC 60076 - 4	2002-06	Power transformers - Part 4: "Guide to the lightning impulse and switching impulse testing - Power transformers and reactors"
IEC 60076 - 5	2006-02	"Power transformers" - Part 5: "Ability to withstand short circuit"
IEC 60076 - 7	2005-12	"Power transformers" - Part 7: "Loading guide for oil-immersed power transformers"
IEC 60076 - 8	1997-10	"Power transformers" - Part 8:" Application guide"
IEC 60076 - 10	2016	"Power transformers" - Part 10: "Determination of sound levels"
IEC 60076 - 11	2004-05	"Power transformers" - Part 11: "Dry-type transformers"
IEC 60076 - 13	2006-05	"Power transformers" - Part 13: "Self-protected liquid-filled transformers"
IEC 60137	2008	"Insulated bushings for alternating voltages above 1000 V"
IEC 60214-1	2014	"Tap-changers" - Part 1: Performance requirements and test methods
IEC 60214-2	2004-10	"Tap-changers" - Part 2: Application guide
IEC 60270	2000	"Partial discharge measurement"
IEC 60296	2003-11	"Fluids for electrotechnical applications- unused mineral insulating oils for transformers and switchgear"
IEC 60354	2003-11	"Loading guide for oil immersed power transformers"
IEC 60529	2001-02	"Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)"
IEC 60542	1999-11	"Application guide for on-load tap changers"
IEC 60815	2008	"Guide for the selection of insulators in respect of polluted conditions"

Norma	Fecha	Título
IEC 60099-1	1999-12	Surge arresters- Part 1: Non- linear resistor type gapped surge arresters for a.c. systems
IEC 60099-4	2014	Surge arresters- Part 4: Metal –oxide surge arresters without gaps for a.c. systems
IEC 60099-5	2013	Surge arresters- Part 5: Selection and application recommendations
IEC 62155	2003-05	Hollow pressurized and unpressurized ceramic and glass insulators for use in electrical equipment with rated voltages greater than 1000 V
NEMA CC1		"Electrical Power Connectors"

EL PROVEEDOR indicará en su OFERTA aquellas normas de las que existan posterior edición a la señalada en esta especificación, considerándose válida y aplicable a EL CONTRATO, en caso de pedido, la edición vigente en la fecha del mismo.

En todo lo que no esté expresamente indicado en estas especificaciones, rige lo establecido en las normas ANSI y ASTM correspondientes.