ESPECIFICACIÓN TÉCNICA GENERAL

TRANSFORMADOR DE PODER TRIFÁSICO DE DOS DEVANADOS 12-16MVA

ACEITE VEGETAL

REVISIÓN 0: ENERO 2025

ÍNDICE

[1.OBJETIVO Y ALCANCE 5](#_Toc187917586)

[2.NORMAS APLICABLES 5](#_Toc187917587)

[3.REQUERIMIENTOS DE CALIDAD 7](#_Toc187917588)

[4.Anexos 8](#_Toc187917589)

[5.CARACTERÍSTICAS PARTICULARES DEL SUMINISTRO 8](#_Toc187917590)

[5.1 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL EQUIPO 8](#_Toc187917591)

[5.2 TRANSFORMADORES DE CORRIENTE PARA BUSHINGS 8](#_Toc187917592)

[5.3 Pararrayos 10](#_Toc187917593)

[6.CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL SUMINISTRO 11](#_Toc187917594)

[6.1 Condiciones Ambientales 11](#_Toc187917595)

[6.2 Conexiones Eléctricas Externas 11](#_Toc187917596)

[6.2.1 Terminales de fase y neutro 11](#_Toc187917597)

[6.2.2 Características Constructivas 12](#_Toc187917598)

[6.3 REQuisitos Generales 14](#_Toc187917599)

[6.3.1 Requisitos Eléctricos 14](#_Toc187917600)

[6.3.2 Requisitos Constructivos Generales 18](#_Toc187917601)

[6.4 Sistema de REFRIGERACIÓN 27](#_Toc187917602)

[6.4.1 Purgas de Aire 30](#_Toc187917603)

[6.4.2 Requisitos Adicionales del Sistema de Refrigeración 30](#_Toc187917604)

[6.4.3 Motores 31](#_Toc187917605)

[6.5 Sistema de Preservación de Aceite 31](#_Toc187917606)

[6.5.1 Extensión del Suministro 31](#_Toc187917607)

[6.5.2 Requisitos Constructivos del Sistema de Preservación de Aceite 31](#_Toc187917608)

[6.6 Instrumentos 32](#_Toc187917609)

[6.6.1 Extensión del Suministro de Instrumentos 33](#_Toc187917610)

[6.6.2 Alimentación de Baja Tensión 34](#_Toc187917611)

[6.6.3 Protección de Circuitos 35](#_Toc187917612)

[6.6.4 Alambrado 35](#_Toc187917613)

[6.6.5 Gabinetes o Cajas de Control 35](#_Toc187917614)

[6.7 Válvulas y Accesorios del Transformador 37](#_Toc187917615)

[6.7.1 Válvulas para el Estanque Principal 37](#_Toc187917616)

[6.7.2 Válvulas para el Estanque Conservador 38](#_Toc187917617)

[6.7.3 Válvulas para los Paneles de Radiadores 38](#_Toc187917618)

[6.7.4 Condiciones exigidas para las Válvulas 38](#_Toc187917619)

[6.7.5 Elementos para mover el transformador 39](#_Toc187917620)

[6.7.6 Suministro de accesorios del transformador 40](#_Toc187917621)

[6.8 Cambiador de Tomas bajo Carga (CTBC) 44](#_Toc187917622)

[6.8.1 Selector de tomas 44](#_Toc187917623)

[6.8.2 Compartimiento para interruptor 45](#_Toc187917624)

[6.8.3 Diseño del CTBC 45](#_Toc187917625)

[6.8.4 Accesorios del CTBC 45](#_Toc187917626)

[6.8.5 Control remoto automático del CTBC 47](#_Toc187917627)

[6.8.6 Señales de Tensión y Corriente para el CTBC 48](#_Toc187917628)

[6.9 Elementos para el Control Remoto 49](#_Toc187917629)

[6.10 Requerimientos anticorrosivos 49](#_Toc187917630)

[7.ENSAYOS Y VERIFICACIONES EN FÁBRICA 49](#_Toc187917631)

[7.1 Generalidades 49](#_Toc187917632)

[7.2 Pruebas en Componentes Individuales 50](#_Toc187917633)

[7.2.1 Ventiladores 50](#_Toc187917634)

[7.2.2 Bushings; Pruebas Eléctricas y Mecánicas. 50](#_Toc187917635)

[7.2.3 Cambiador de tomas bajo carga 51](#_Toc187917636)

[7.2.4 Dispositivos y Circuitos Auxiliares y de Control 52](#_Toc187917637)

[7.2.5 Calibraciones 53](#_Toc187917638)

[7.2.6 Transformadores de Corriente 53](#_Toc187917639)

[7.2.7 Aislación del Núcleo del Transformador 54](#_Toc187917640)

[7.2.8 Aceite 54](#_Toc187917641)

[7.2.9 Inspección parte activa 55](#_Toc187917642)

[7.3 Pruebas Eléctricas en el Transformador 55](#_Toc187917643)

[7.3.1 Mediciones de Resistencia 55](#_Toc187917644)

[7.3.2 Razón de Transformación 55](#_Toc187917645)

[7.3.3 Polaridad 56](#_Toc187917646)

[7.3.4 Capacidad y Factor de Potencia de la Aislación 56](#_Toc187917647)

[7.3.5 Pruebas de Excitación 56](#_Toc187917648)

[7.3.6 Impedancias y Pérdidas de Carga 56](#_Toc187917649)

[7.3.7 Impedancia de Secuencia Cero 56](#_Toc187917650)

[7.3.8 Elevación de Temperatura 56](#_Toc187917651)

[7.3.9 Resistencia de Aislación de los Enrollados 57](#_Toc187917652)

[7.3.10 Secuencia de Pruebas Dieléctricas y Descargas Parciales 57](#_Toc187917653)

[7.3.11 Pruebas de Impulso 58](#_Toc187917654)

[7.3.12 Pruebas Dieléctricas de Baja Frecuencia 59](#_Toc187917655)

[7.3.13 Pruebas de Descargas Parciales (DP) 59](#_Toc187917656)

[7.4 Prueba de Nivel de Ruido Audible 61](#_Toc187917657)

[7.5 Pruebas de Resistencia del Estanque y sus Accesorios, Filtraciones y Punto de Rocío 61](#_Toc187917658)

[7.6 Prueba de Análisis de Respuesta de Frecuencia (Frequency Response Analysis (FRA)) 62](#_Toc187917659)

[8.EMBALAJE 62](#_Toc187917660)

[8.1 Embalaje y Marcas de Embarque 62](#_Toc187917661)

[8.2 Llenado con Nitrógeno, Pruebas de Estanquidad y Rocío 63](#_Toc187917662)

[8.2.1 Cilindros de Nitrógeno y su Control 63](#_Toc187917663)

[8.2.2 Prueba de Estanqueidad para Transporte 63](#_Toc187917664)

[8.2.3 Prueba de Punto de Rocío (Dew Point) 63](#_Toc187917665)

[8.3 Registrador de Impactos 63](#_Toc187917666)

[9.PLANOS Y DOCUMENTOS TÉCNICOS 64](#_Toc187917667)

[9.1 Planos para aprobación 64](#_Toc187917668)

[9.1.1 Planos Generales 64](#_Toc187917669)

[9.1.2 Planos de Equipamiento Especial 68](#_Toc187917670)

[9.1.3 Planos del cambiador de tomas bajo carga 68](#_Toc187917671)

[9.2 Memorias de Cálculo para Aprobación 69](#_Toc187917672)

[9.2.1 Generalidades 69](#_Toc187917673)

[9.2.2 Memorias de Cálculo Mecánicas 69](#_Toc187917674)

[9.2.3 Memorias de Cálculo de Solicitaciones Eléctricas 70](#_Toc187917675)

[9.2.4 Memorias de Cálculo Especiales 70](#_Toc187917676)

[9.3 Planos y Libro de Instrucciones Aprobados 71](#_Toc187917677)

[9.4 CONDICIONES GENERALES 71](#_Toc187917678)

[9.5 Informes de Pruebas 72](#_Toc187917679)

[9.6 Informacion cdec-sic 72](#_Toc187917680)

[9.7 Fotografías 72](#_Toc187917681)

[10LIBRO DE INSTRUCCIONES 72](#_Toc187917682)

[10.1 Índice y Características del Transformador 73](#_Toc187917683)

[10.2 Transporte y manejo 73](#_Toc187917684)

[10.3 Almacenamiento 73](#_Toc187917685)

[10.4 Montaje 74](#_Toc187917686)

[10.5 Puesta en Servicio 75](#_Toc187917687)

[10.6 Mantenimiento (y reparación) 75](#_Toc187917688)

[10.7 Planos y Fotografías 76](#_Toc187917689)

[11AUDITORÍAS TÉCNICAS 76](#_Toc187917690)

[11.1Generalidades 76](#_Toc187917691)

[11.2Contexto 77](#_Toc187917692)

[11.3Plazos para el oferente 77](#_Toc187917693)

[11.4Documentación solicitada 78](#_Toc187917694)

[11.4.1 Hoja de características técnicas garantizadas (HCTG) 78](#_Toc187917695)

[11.4.2 Pruebas tipo de equipos primarios 79](#_Toc187917696)

[11.4.3 Pruebas FAT 79](#_Toc187917697)

[11.4.4 Calificación sísmica 80](#_Toc187917698)

[12.INFOTÉCNICA 81](#_Toc187917699)

**ESPECIFICACIÓN TÉCNICA**

**“Transformador de Poder Trifásico de dos devanados”**

# OBJETIVO Y ALCANCE

La presente especificación técnica tiene por objeto definir los transformadores de poder para ser utilizados en las Subestaciones del Propietario.

Estos transformadores se utilizarán en subestaciones a la intemperie y destinados a la interconexión de redes de transmisión de distintas tensiones o a la alimentación de redes de distribución.

Se deberá proporcionar un listado de repuestos recomendados para 5 años, de manera que se pueda garantizar la operación en forma continua del equipo.

En el alcance del suministro están incluidos, además, los planos, memorias de cálculo, catálogos y manuales de servicio de todos los componentes, y la asesoría y supervisión para el montaje, pruebas en sitio y puesta en servicio de los equipos ofertados.

# NORMAS APLICABLES

El Proveedor deberá suministrar el transformador de poder de acuerdo con lo establecido en los siguientes documentos y normas técnicas:

* Esta Especificación Técnica.
* INN- Chile NCh 2369 Of 2003 “Diseño sísmico de estructuras e instalaciones industriales”.
* IEC 60076: “Power Transformers”
* IEC 60137: “Insulated bushings for alternating voltajes above 1.000 V”
* IEC 61869: “Instrument transformers – current transformers”
* IEC 60214-1: “Tap – changers: Performance requirements and test methods”.
* IEC 60214-2: “Tap – changers: Application Guide”
* IEC 62535: “Insulating liquids - Test method for detection of potentially corrosive sulphur in used and unused insulating oil “
* IEC 60815: “Guide for the selection of insulators in respect of polluted conditions”.
* IEC 60076-14: "Liquid-immersed power transformers using high-temperature insulation materials".
* IEC 62770: "Fluids for electrotechnical applications - Unused natural esters for transformers and similar electrical equipment".
* IEEE C57.12.90: “Standard test code for liquid- inmersed distribution, power, and regulating transformers”
* IEEE C57.12.00-2006 “IEEE Standard General Requirements for Liquid-Immersed Distribution, Power and Regulating Transformers”
* IEEE Std 1276: IEEE Guide for the Application of High-Temperature Insulation Materials in Liquid-Immersed Distribution, Power, and Regulating Transformers
* IEEE C57.98-1993 “IEEE Guide for Transformer Impulse Tests”
* IEEE C57.19.00-1991 “IEEE Standard General Requirements and Test Procedure for Outdoor Power Apparatus Bushing”
* IEC 61869 “Instrument Transformer: Current Transformers”
* IEC 60071 “Insulation co-ordination”
* IEC 61125: "Unused hydrocarbon-based insulating liquids – Test methods for evaluating the oxidation stability"
* ETGI-1020: “ Especificaciones Técnicas Generales – Diseño Sísmico” 1997 Ingendesa)”
* ASTM D6871: "Standard Specification for Natural (Vegetable Oil) Ester Fluids Used in Electrical Apparatus"
* [ASTM D1275-06](http://webstore.ansi.org/RecordDetail.aspx?sku=ASTM+D1275-06) [Standard Test Method for Corrosive Sulfur in Electrical Insulating Oils](http://webstore.ansi.org/RecordDetail.aspx?sku=ASTM+D1275-06).
* [ASTM A153/A153M-05](http://webstore.ansi.org/RecordDetail.aspx?sku=ASTM+A153%2fA153M-05) [Standard Specification for Zinc Coating (Hot-Dip) on Iron and Steel Hardware](http://webstore.ansi.org/RecordDetail.aspx?sku=ASTM+A153%2fA153M-05).
* [ASTM A143/A143M-07](http://webstore.ansi.org/RecordDetail.aspx?sku=ASTM+A143%2fA143M-07) [Standard Practice for Safeguarding Against Embrittlement of Hot-Dip Galvanized Structural Steel Products and Procedure for Detecting Embrittlement](http://webstore.ansi.org/RecordDetail.aspx?sku=ASTM+A143%2fA143M-07).
* [ASTM B6-07](http://webstore.ansi.org/RecordDetail.aspx?sku=ASTM+B6-07) [Standard Specification for Zinc](http://webstore.ansi.org/RecordDetail.aspx?sku=ASTM+B6-07).
* ASTM-B117, D2247, D2794, D3359: Requerimientos de Pintura para transformadores.
* [IEC 60529 Ed. 2.1 b: 2001](http://webstore.ansi.org/RecordDetail.aspx?sku=IEC+60529+Ed.+2.1+b%3a2001) [Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)](http://webstore.ansi.org/RecordDetail.aspx?sku=IEC+60529+Ed.+2.1+b%3a2001).
* DIN – 42566: “Transformers, Buchholz relays, requirements and testing”.
* NEMA TR1-1993 “Transformers, Regulators and Reactors”
* IEC 60099-4 “Surge arresters - Part 4: Metal-oxide surge arresters without gaps for a.c. systems”
* IEC 60214-1 “Tap-changers - Part 1: Performance requirements and test methods”
* IEC 60137 “Insulated bushings for alternating voltages above 1000 V”
* IEC 61869 “Instrument transformers – Part 1: Current transformers”
* IEC 62535 “Insulating liquids - Test method for detection of potentially corrosive sulphur in used and unused insulating oil”
* NTSyCS – Anexo Técnico “Exigencias Mínimas de Diseño de Instalaciones de Transmisión (2025)
* Anexo Técnico, Requisitos Sísmicos para Instalaciones Eléctricas de Alta Tensión, aprobado según Resolución Exenta 41 del 24 de enero de 2025.

Ante la situación de que distintas normas especifiquen criterios distintos para un mismo tema, se elegirá aquella que aplique el criterio más estricto.

# REQUERIMIENTOS DE CALIDAD

S deberá demostrar que tiene implementado y funcionando en su fábrica un sistema de Garantía de Calidad con programas y procedimientos documentados en manuales, en cumplimiento de la Norma ISO 9001 (Sistemas de Calidad: Modelo de garantía de calidad en diseño, producción, instalación y servicio).

Además, idealmente, deberá contar con la siguiente certificación de gestión ambiental: ISO 14001 (Sistemas de gestión ambiental - Modelo de mejoramiento continuo y prevención de la contaminación) en cumplimiento de la reglamentación ambiental vigente.

# Anexos

|  | **Descripción** |
| --- | --- |
| Anexo A3 | Hoja de características técnicas garantizadas  Transformador Trifásico 66/24kV 12-16 MVA |
| Anexo B | Ficha Técnica Transformadores 2D CEN |
| Anexo C | Pruebas de Control |

# CARACTERÍSTICAS PARTICULARES DEL SUMINISTRO

## CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL EQUIPO

Los transformadores de poder se instalarán a la intemperie, serán trifásicos, sumergidos en aceite vegetal, con cambiador de tomas bajo carga en alta tensión y tendrán las características estipuladas en la respectiva Hoja de Características Garantizadas (Ver Anexo A).

## TRANSFORMADORES DE CORRIENTE PARA BUSHINGS

* Cada bushing, tanto en el lado primario como secundario, deberá estar provisto de tres (3) transformadores de corriente tipo toroidal, multi-razón, con las características especificadas en Anexo A (HCTG) y de acuerdo a la norma IEC 60185.
* El bushing del neutro deberá tener dos (2) transformadores de corriente multi-razón, con las características estipuladas en Anexo A.
* Deberá incluir un (1) Transformador de corriente en algún bushing del devanado de baja tensión, para la regulación del cambiador de tomas bajo carga.
* Además de lo anterior, deberán incluirse en uno de los bushing del devanado de baja tensión, dos (2) transformadores de corriente. Uno para la indicación de temperatura análogo y otro para la medida digital y cualquier otro que sea necesario por diseño
* Los terminales secundarios de todos los transformadores de corriente deberán llevarse a una caja de terminales a prueba de intemperie, provista de una tapa empernada y ubicada cerca de la base del aislador. La placa de características del transformador de corriente podrá estar adyacente a la base del aislador, o junto a los bornes, donde van conectados los terminales secundarios. Deberá suministrarse un dispositivo individual de cortocircuito para cada secundario de transformador de corriente, el cual deberá estar montado en la caja en que están conectados los terminales secundarios. El alambrado deberá hacerse con alambre de cobre trenzado, de calibre/sección no inferior a N°12 AWG/2,5 mm2.
* Los transformadores de corriente deberán ser de secundario uniformemente distribuido y de polaridad sustractiva.
* El núcleo y el enrollado secundario de todos los transformadores de corriente se conectarán a tierra no dentro del estanque del transformador sino que a través de un terminal aislado en la caja de terminales.
* Todos los terminales secundarios de los transformadores de corriente deberán llevarse directamente hasta borneras terminales ubicadas en el gabinete de control del transformador de poder. El estándar de las borneras es URTK/S de Phoenix contact, deberá ser del tipo seccionables y aptas para la conexión de conductores hasta # 8 AWG.
* Solo pueden existir dos puntos de conexión del alambrado , el primero de ellos en cajas a prueba de humedad ubicadas en torretas de bushing u otra, la segunda conexión será en el gabinete de control principal.
* Deberán pasar las conexiones por una o más cajas de paso ubicadas en las respectivas torretas, cerca de la tapa del estanque. Estas cajas de paso deberán ser herméticas y accesibles desde el exterior.
* En estas cajas deberán quedar identificados en forma clara e indeleble los terminales, polaridades, razón de transformación, clase y burden de los TT/CC.
* Aparte de los transformadores de corriente indicados con sus características explícitas, el Proponente deberá incluir los transformadores de corriente necesarios para el dispositivo de imagen térmica y de regulación del cambiador de tomas bajo carga.

El Proponente deberá indicar las características de estos transformadores de corriente. Entre los datos se deberá indicar razón de transformación, precisión, Burden, factor de saturación, tensión nominal y corriente de sobrecarga (Ith) De acuerdo a las especificaciones del anexo A y pruebas y resultados de las pruebas realizadas

## Pararrayos

El transformador debe ser suministrado con pararrayos de Oxido Zinc, sin chisperos interiores ("gapless") para los terminales primario y secundario, para montaje vertical y tipo intemperie. Estarán ubicados sobre el transformador de poder, y su base de soporte deberá estar soldada a este.

El suministro será de acuerdo a la Normas IEC 60099-4.

Se deberá indicar en su oferta las características técnicas de los pararrayos, tanto constructivas como eléctricas, deberá indicar además, el procedimiento considerado para determinar los valores nominales y coordinación de aislación.

En el caso de pararrayos de porcelana, deberán contar con un dispositivo de alivio de presión para impedir la explosión por sobre presión interna en caso de falla de éste.(No aplica a pararrayos poliméricos)

Los pararrayos deberán considerar soportes independientes para su sujeción al transformador.

Adicionalmente, la altura de los soportes deberá ajustarse de modo que el extremo superior de cada pararrayo esté próximo al terminal del aislador pasante asociado, cumpliéndose las distancias eléctricas y de seguridad adecuadas.

La aislación exterior de los pararrayos será de porcelana vidriada de color marrón o polimérico. Los flanches serán de acero galvanizado, cementado a la porcelana o con sistema hermético de presión elástica regularizada.

El suministro debe incluir contadores de descarga para AT (uno por fase) y en MT (uno por fase), con sus respectivas sub-bases aislantes y medidores de corriente de fuga. Todos estos accesorios deben ser para montaje a la intemperie. Se entregará los contadores de descarga adecuadamente instalados, y conectados a sus respectivos descargadores.

Se debe suministrar bushings de tierra para los pararrayos.

Se deberá entregar memorias de cálculo e información de pruebas de laboratorios que confirmen el funcionamiento de los pararrayos y sus bases aislantes bajo condiciones sísmicas.

El diseño y las características nominales de los pararrayos estarán sujetos a revisión y aprobación, no obstante ello en ningún caso el fabricante del transformador, podrá limitar la responsabilidad de este suministro, en cuanto al correcto desempeño en su operación.

Los transformadores serán probados en fábrica sin pararrayos, sin embargo, las estructuras de soporte de éstos adosada a la cuba, así como la coordinación de las distancias mínimas de aislación entre los pararrayos y los bushings respectivos del transformador, será de responsabilidad del fabricante.

Los terminales de los descargadores de tensión de AT deberán ser de aluminio y en MT de cobre plateado, con tornillería de acero galvanizado.

# CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL SUMINISTRO

## Condiciones Ambientales

Las condiciones ambientales, que deberán cumplirse, se especifican en el anexo A punto 1.

## Conexiones Eléctricas Externas

### Terminales de fase y neutro

El suministro deberá incluir todos los aisladores bushings, aún en el caso que éstos sean de un fabricante distinto al fabricante del transformador.

En todos aquellos aspectos no señalados específicamente en este punto, los aisladores tipo bushings deberán cumplir con la Norma IEC 60137 y los requerimientos sísmicos indicados en esta Especificación.

Se diseñará y proveerá las conexiones como se especifica a continuación.

* Las conexiones externas de alta tensión se ejecutarán a través de bushings con torretas adicionales incorporadas al estanque principal.
* Estos aisladores serán adecuados para la conexión de conductor desnudo aéreo, a la intemperie.
* La conexión externa del neutro del transformador se ejecutará a través de un bushing tipo barril de intemperie. Se también proveerá la conexión con conductor de cobre desnudo a tierra.

Los niveles básicos de aislación (BIL) se encuentran en la HCTG indicada en Anexo A.

### Características Constructivas

* Los bushings del neutro deberán ser del tipo sólido. Los bushings del lado de baja tensión y de alta tensión deberán ser del tipo condensador, herméticamente sellados, y tendrán su aceite (tipo I) propio e independiente.
* Se aceptarán también Bushing del tipo polimérico.

El sello deberá mantenerse perfectamente, aun cuando los bushings queden sometidos simultáneamente a la máxima diferencia de presión que pudiere ocurrir durante cualquier condición de servicio y de montaje, más las fuerzas sísmicas y de tirón en terminales. Además, los bushings, montados en el transformador, deberán resistir vacío absoluto, de tal manera que sea posible el llenado de aceite bajo vacío y el secado del transformador a alto vacío (bajo 1 mm Hg).

* La capacidad de corriente nominal de cada bushings deberá ser igual o superior a 1,2 veces la máxima corriente del terminal correspondiente, con el cambiador en el tap de máxima corriente.
* Los bushings deberán ser de porcelana de color marrón. Además el proveedor podrá presentar una oferta alternativa con bushings poliméricos, incluyendo la ficha técnica cualquiera sea el caso.
* El aislador de porcelana del bushing deberá ser fabricado en un proceso húmedo y será de material homogéneo, sin cavidades, burbujas. laminaciones, u otras imperfecciones que puedan afectar su resistencia mecánica o calidad dieléctrica. El vitrificado deberá ser uniforme en color y libre de defectos.
* Los bushings del tipo condensador deberán tener un indicador de nivel de aceite, el cual deberá permitir controlar el nivel de aceite con facilidad, estando el equipo energizado. Una persona parada al nivel del piso deberá poder visualizar el nivel de aceite del bushings sin dificultad.
* La unión entre flanche y porcelana deberá estar efectuada con un material no corrosivo apropiado para este efecto.
* Los bushings de alta y baja tensión estarán ubicados en la tapa del estanque. Serán aceptables montajes inclinados en ángulos de hasta 30° desde la vertical, a condición que la resistencia sísmica y los requerimientos de estabilidad especificados se cumplan también con los bushings bajo tal condición.
* Los bushings de alta tensión tendrán en el extremo superior un terminal para fijación del terminal de línea, cilíndrico, de aluminio , y los de media tensión un terminar de línea, cilíndrico, de cobre plateado siendo para ambos casos ambos de 30 mm de diámetro y largo sin hilo de 80 mm.
* El diseño de los bushings asegurará que puedan montarse desde el exterior del transformador y sin levantar la tapa del estanque.
* Los bushings estarán diseñados para resistir fuerzas de flexión estáticas mínimas de acuerdo a la Norma IEC 60137, aplicadas en el extremo superior (cantilever).
* Los bushings de alta tensión estarán provistos de toma capacitiva para medidas.
* La distancia mínima de fuga en aire de los bushings será definida según lo estipulado en la norma IEC 60815.
* Los bushings de alta tensión deberán estar provistos de:
* Argollas de izado o elementos similares para izar
* Tornillo de purga de aire en la torreta o cúpula de montaje para conectar a través de tuberías al relé Buchholz
* Placa de características (en español).
* El Proveedor deberá proporcionar un certificado de la fábrica que suministra las porcelanas para los bushings de alta tensión, mediante el cual se garantice el valor estadístico del esfuerzo de ruptura (m-2s) del aislador con su flanche.
* Los aisladores cumplirán con las condiciones sísmicas estipuladas en la ETG 1020 y las disposiciones del anexo técnico de Exigencias Mínimas de Diseño de Instalaciones de Transmisión.
* Cada bushings deberá tener suficiente espacio para acomodar los transformadores de corriente especificados, además de los transformadores de corriente auxiliares para los detectores de temperatura.
* El proveedor deberá entregar, para materiales frágiles, el respaldo de una demostración experimental objetiva de la resistencia mínima estadística de ruptura del equipo (valor medio menos 2 veces la desviación estándar).
* El conjunto equipos de alta tensión y estructura de soporte deberá tener un comportamiento rígido, para lo cual deberá verificarse que la frecuencia del conjunto sea mayor a 30 [Hz] o mayor a cuatro veces la frecuencia natural del equipo propiamente tal (se debe cumplir con el menor valor). Los bushing de alta tensión deberán ser considerados en el cálculo con un factor de estructura no menor a k=1,5. Bushing tipo “central clamp” (unión porcelana flangers por presión de resorte) no deben usarse en tensiones nominales iguales o superiores a 220 [kV].

## REQuisitos Generales

### Requisitos Eléctricos

#### Potencia Nominal

El transformador deberá suministrar su plena potencia nominal en cualquier toma y en régimen permanente, sin exceder las elevaciones de temperatura especificadas en la hoja de características técnicas garantizadas.

Los siguientes ítems deberán ser considerados mínimos:

1. Elevación de temperatura en los devanados medida por resistencia.
2. Elevación de temperatura del aceite en la parte superior del estanque principal medida con termómetro.
3. La temperatura del punto más caliente será obtenida mediante una imagen térmica.

Tal condición deberá cumplirse al excitar el transformador con 105 % de la tensión nominal, en cualquier toma.

Todos los componentes y accesorios deben ser diseñados para soportar hasta 1,5 veces la tensión nominal del Transformador, durante 30 minutos, en la mayor etapa de ventilación y en el menor tap de tensión, y de acuerdo a lo indicado en cláusula 12.4 de la norma IEC60076-3. Además, el equipo deberá soportar una sobrecarga de potencia, sin pérdida de vida útil en ambas etapas de refrigeración, de acuerdo a norma IEC 60076-14. El proveedor deberá entregar una curva de sobrecarga para todos los niveles de tensión con precarga nominal y temperatura ambiente de 30°C.

#### Nivel Dieléctrico de Aislación

El transformador estará diseñado para las clases de aislación y tensiones de prueba dieléctrica mínimas establecidas en la Hoja de Características Técnicas Garantizadas (Anexo A), a no ser que por razones de tensiones transferidas sea necesario aumentar el BIL de la aislación. En este caso, el diseño y las pruebas en fábrica se realizarán con dicho BIL.

#### Aislación de los Enrollados

Los enrollados de alta y media tensión, deberán tener aislación uniforme. El neutro deberá ser aislado y accesible para conexión externa.

Los conductores que configuran las bobinas y sus diferentes interconexiones deben ser de cobre electrolítico. La aislación principal de éstos debe estar formada por papel termo-mejorado a base de celulosa.

#### Descargas Parciales

El transformador y sus bushings tendrán las siguientes características de descargas parciales (DP) internas, medidas en alta tensión para los devanados que excedan 60 kV de tensión:

* Los valores de DP medidos antes y después de los ensayos dieléctricos del transformador deberán ser iguales.
* Las tensiones de comienzo y de extinción de las DP excederán 1,3 veces la tensión nominal del enrollado.
* El ruido de fondo máximo será de 20 pC.
* Las curvas de las descargas parciales en función de la tensión (pC vs. kV), para tensión creciente hasta un nivel no inferior a 1,5 veces la tensión del enrollado, y tensión decreciente desde dicho valor, serán continuas (no deberán ocurrir aumentos o disminuciones anormales, repentinos) y serán substancialmente iguales una con la otra.
* El nivel de descargas parciales, a 150% de la tensión nominal del enrollado, deberá corresponder al estipulado en la Norma IEC correspondiente.

#### Impedancias

La impedancia del transformador se elegirá de acuerdo a las normas IEC y/o a la normativa vigente que hayan sido aceptada previamente y estarán referidas a la potencia base para 75°C. Se indicará en la HDTG impedancias específicas para el caso de operación de transformadores en paralelo con equipos existentes.

Se aceptará la impedancia natural del transformador a menos que se establezca explícitamente lo contrario de acuerdo a requerimientos sistémicos particulares.

#### Solicitaciones Mecánicas y Térmicas por Cortocircuito

Cada uno de los componentes del transformador deberá poder resistir repetidamente, sin ningún daño, las solicitaciones mecánicas y térmicas causadas por cortocircuitos en los terminales externos de cualquier enrollado, manteniendo las tensiones nominales en los bornes de todos los demás enrollados, dentro de los límites de duración del cortocircuito, solicitaciones, temperaturas y otros indicados en la norma IEC 60076-5.

Se deberá entregar, junto con el diseño, la curva de daño del equipo.

Cuando estas condiciones de cortocircuito ocurran después de un trabajo continuado a potencia nominal, las temperaturas finales en el conductor de los enrollados no excederán 250°C. Si la impedancia de cualquier par de enrollados es menor que un cuatro por ciento (4%) (Corriente simétrica de cortocircuito mayor que 25 veces la corriente base), los enrollados deberán resistir los cortocircuitos bajo estas mismas condiciones, durante un período de por lo menos dos segundos. Estos requisitos se cumplirán mediante una disposición adecuada de enrollados, sin reactores externos ni internos. Se debe entregar una memoria de cálculo que justifique los resultados anteriores.

#### Características de Sobreexcitación

Se deberá proporcionar las curvas de magnetización del transformador antes de realizar los ensayos.

Para la prueba del transformador en vacío, se requiere que la tensión alcance al menos hasta 1,2 p.u del Voltaje nominal de tal manera de determinar una mejor curva de saturación del núcleo.

#### Solicitaciones durante Sobretensiones Transitorias

El transformador debe resistir repetidamente, y sin daño, las solicitaciones dieléctricas, térmicas y mecánicas causadas por cualquier tipo de sobretensión transitoria originada por ondas de impulso de origen atmosférico, aplicadas a los diferentes terminales de línea, con valores iguales a los BIL de los enrollados correspondientes.

De la misma forma debe ser capaz de resistir ondas de maniobra, ya sea por conexión o desconexión de interruptores de alta y media tensión en la subestación del transformador, con valores iguales a los BSL (Basic Switching Level) de los enrollados correspondientes.

Se deben considerar las sobretensiones transferidas a otros enrollados del transformador, tanto en forma capacitiva como inductiva, originadas por sobretensiones atmosféricas.

En caso que los valores calculados de sobretensiones transferidas sean superiores a los niveles BIL o BSL especificados, el Proveedor deberá aumentar el BIL o BSL del enrollado correspondiente o indicar una proposición de solución para evitar la sobretensión transferida que se presenta. No se aceptará la conexión interna o externa de ningún dispositivo (resistencias lineales o no lineales, reactancias, condensadores, etc.) para disminuir las sobretensiones transferidas.

Se deberá entregar una memoria de cálculo del comportamiento del transformador bajo las condiciones de impulso, maniobras y de las sobretensiones internas transferidas.

#### Efectos Dinámicos de la Corriente de Cortocircuito.

Deberá considerarse en el diseño que la corriente de cortocircuito simétrica estará limitada sólo por la impedancia interna del Transformador, y la corriente de cortocircuito asimétrica debe ser por lo menos 2,5 veces la corriente de cortocircuito simétrica.

### Requisitos Constructivos Generales

Para la fabricación del núcleo se utilizará hierro silicoso de grano orientado, laminado en frío, libre de fatiga por envejecimiento, de bajas pérdidas por histéresis y alta permeabilidad. Las láminas utilizadas deberán estar libres de rebordes y cantos filosos. Cada chapa tendrá un recubrimiento en ambas caras constituido por una película aislante inorgánica resistente al aceite caliente.

Las piernas y yugos del núcleo deberán quedar firmemente sujetos entre sí y el núcleo rígidamente unido al estanque. Toda la estructura de sujeción y elementos de fijación del conjunto núcleo bobina deberá tener una resistencia mecánica adecuada para impedir cualquier desplazamiento, deformación u otro efecto pernicioso bajo los esfuerzos de cortocircuito, bajo condiciones sísmicas y de transporte.

Las piernas del núcleo deberán ser ensambladas con una adecuada rigidez de manera que, al sacar las bobinas del núcleo, este deberá mantener su rigidez y verticalidad.

Los pernos utilizados en el ensamblaje del núcleo y en especial los pernos de fijación del núcleo al estanque deberán estar provistos de elementos de fijación o bloqueo que impidan que estos se suelten por vibraciones.

El núcleo deberá armarse de manera de quedar aislado completamente del estanque principal y de las estructuras de fijación de los devanados o vigas.

En las zonas donde la ferretería utilizada en el ensamblaje del núcleo sea atravesada por el flujo de dispersión se deberán tomar las medidas del caso para limitar las corrientes parásitas y de circulación.

Se utilizará cobre electrolítico de 99,9% de pureza como mínimo en todos los conductores de devanados, cables de conexión de éstos a las boquillas aislantes y en general en conexiones entre devanados. No se aceptará la utilización de conductores de aluminio.

En toda la aislación de los conductores y devanados se deberá ajustar a la Norma IEC 60076-14.

La utilización de conductores aislados con esmalte deberá ser informado para la aprobación.

Las uniones de tipo permanente entre conductores deberán realizarse mediante terminales de compresión o serán soldadas con soldadura de aleación de plata.

Las uniones apernadas o de presión utilizadas en conexiones a boquillas aislantes, cambiador de derivaciones, etc., deberán estar provistas de elementos de fijación o bloqueo, que impidan que estas se suelten por vibraciones, transporte y condiciones sísmicas.

Con el fin de asegurar una adecuada resistencia mecánica a los devanados, éstos deberán recibir un tratamiento de estabilización previa, consistente en el secado de las bobinas mientras se encuentran bajo esfuerzos de compresión por lo menos iguales que los esfuerzos máximos a que serán sometidos los devanados bajo condiciones de cortocircuito simétrico.

Los esfuerzos de compresión final deberán ser el 75% de los esfuerzos de compresión previa y no menores que 30 kg/cm2 para alambres de espesores hasta 1,3 mm y de 45 kg/cm2 para alambres de espesores mayores.

El transformador será suministrado en su base con un conjunto de patines diseñados para resistir las cargas sísmicas de anclaje con u mínimo de 18 pernos de anclaje directo a la fundación. Se deberá entregar el diseño, las características y especificaciones de los pernos de anclaje que se requieran para el montaje del transformador. El suministro de los pernos no es parte del contrato.

El equipo deberá diseñarse de manera que el transformador completamente armado, con o sin aceite, permanezca estable, sin peligro de volcamiento, al inclinarlo en cualquier dirección hasta un ángulo de 15° respecto de la vertical, durante su transporte o montaje.

Las empaquetaduras a utilizar serán de goma sintética o acrilonitrilo y deberán mantener sus características de sello en contacto con el aceite vegetal a la temperatura máxima del aceite especificado.

Se deberá entregar junto con el suministro un juego completo de empaquetaduras nuevas y sin uso para su montaje en terreno.

#### Solicitaciones por Oscilaciones y Vibraciones

Cada una de las partes componentes y accesorios del transformador deberá poder resistir, sin daños, las solicitaciones originadas por vibraciones, oscilaciones y sacudidas producidas por el servicio, movimientos sísmicos y de transporte, según lo que se especifica a continuación.

#### Condiciones Sísmicas

El transformador y sus accesorios deberán ser calificados de acuerdo con el procedimiento descrito en la norma ETG1020 y disposiciones del anexo técnico de Exigencias Mínimas de Diseño de Instalaciones de Transmisión.

#### Condiciones para el Transporte

Para efectos de control del proceso de transporte el proveedor incluirá la instalación de Registradores de impacto con registro de datos en 3 direcciones (Longitudinal, Vertical y Transversal). Estos datos no deberán sobrepasar los valores de aceleración considerados en el diseño. El proveedor deberá considerar en el diseño estados de carga que simulen las condiciones de transporte (marítima, caminos y carreteras en mal estado, etc.).En general todas las partes y conjuntos del transformador, en estado de despacho, deberán resistir una aceleración no inferior a 2,75g.

Además, se deberán considerar en el diseño las condiciones de estabilidad de los equipos, de manera tal que, estando el transformador sin aceite, soporte sin daños inclinaciones hasta un ángulo de 15° desde la vertical, durante su transporte.

#### Cálculo y Condiciones del Diseño

El cálculo de los elementos resistentes deberá asegurar que éstos, al estar sometidos a las condiciones especificadas en los párrafos precedentes, no sufran deformaciones permanentes ni desplazamientos, no aflojen, ni tampoco dañen a otras partes más delicadas, tales como conexiones y aislamientos, como consecuencia de toda deformación elástica.

El diseño no deberá permitir solicitaciones que excedan el 70% del límite elástico del material, al someter el equipo a cualquier fuerza originada por el servicio, vacío, sobrepresión, transporte o sismos.

En las memorias de cálculo, el Proveedor deberá informar la calidad ASTM del acero que se usará en los diversos elementos que constituyen al transformador. Esta calidad ASTM presentada debe ser sometida a aprobación.

#### Fundación y Anclaje

El transformador deberá diseñarse para apoyarlo y anclarlo directamente en la fundación, por intermedio de una base estructural unida al estanque (skid). Esta base debe diseñarse adecuadamente para el transporte y/o arrastre del transformador.

La base estructural para el transporte o arrastre del transformador, las cajas de anclaje y la cantidad de pernos de anclaje que se requieren deberán ser determinadas por el Proveedor a través de la memoria de cálculo correspondiente.

No se aceptarán sistemas de anclaje en que el perno de anclaje se encuentre empotrado en la fundación de hormigón. El sistema debe ser tal que permita reemplazar los pernos de anclaje y que los esfuerzos se transmitan a la fundación mediante cajas de acero empotradas en el hormigón.

#### Distancias Externas Mínimas

Las distancias externas mínimas entre partes vivas y elementos metálicos conectados a tierra deberán estar de acuerdo a la Norma IEC 60076-3. En todo caso, estas distancias deberán coordinarse con la clase de aislación de los bobinados o de los bushings de acuerdo a la Norma IEC 60071.

#### Limpieza y Pintura

Todas las superficies externas e internas del estanque y componentes mayores deberán recibir una limpieza con chorro abrasivo de arena o granalla al grado SA 3 (metal blanco), de manera que quede una superficie metálica limpia antes de pintarlas. A todas las superficies exteriores deberá aplicárseles un número adecuado de capas de imprimación, antióxido, intermedias y de terminación, que tengan un espesor y propiedades tales que el equipo resista sin sufrir daños por corrosión atmosférica, en servicio permanente a la intemperie en el ambiente indicado en la hoja de características garantizadas y los efectos de transporte marítimo desde la fábrica. El color de acabado será RAL 6001(verde esmeralda).

Las superficies internas del estanque y tapa se pintarán con un número adecuado de capas de pintura o esmalte resistente al aceite vegetal, de color blanco, con un espesor mínimo de 150 micras.

#### Resonancias y Vibraciones indebidas

El diseño de la unidad en conjunto, incluyendo sus accesorios, tuberías, controles y otros elementos externos requeridos, deberá hacerse de tal modo que se eviten resonancias y vibraciones indebidas. Se asegurará un fácil acceso a todos los componentes para fines de inspección y mantenimiento. Se deberá utilizar amortiguadores donde sea necesario para evitar las vibraciones.

#### Estanque principal, Radiadores y Conservador de Aceite

1. Solicitaciones mecánicas

El estanque, la tapa, los radiadores y el conservador de aceite deberán estar diseñados y construidos para resistir, sin deformación permanente alguna, las fuerzas producidas por:

* + Izado mediante estrobos durante el transporte.
  + Izado mediante gatos o estrobos del transformador completo.
  + Secado de las partes activas y llenado con aceite del transformador bajo vacío (presión inferior a 1 mmHg).
  + Las condiciones sísmicas, de manipulación y de transporte indicadas en el ítem 6.3.2.2. de esta especificación.
  + La prueba de sobrepresión, a 0,7 kg/cm2, especificada el ítem 7.5 a) de esta especificación.

1. Soldaduras

Todas las soldaduras en el estanque, las paredes y la tapa deberán ser dobles para asegurar una resistencia adecuada.

Se entiende por doble soldadura aquella que es realizada con cordón continuo por ambos lados de la plancha (interior y exterior del estanque) correspondientes a paredes, fondo y tapa del estanque, cajas de bushings, flanches, etc.

Todos los refuerzos deberán estar soldados al estanque en forma continua a lo largo de sus extremos y lados.

Soldaduras intermitentes no serán aceptadas.

Las soldaduras de tope en partes solicitadas mecánicamente o bajo presión deberán ser de penetración total.

1. Tapa del estanque

La tapa del estanque deberá ser empernada al estanque y diseñarse de modo de evitar la acumulación de agua sobre ella. Además, el diseño deberá asegurar que no puedan acumularse burbujas de gas debajo de ella, sino que se dirijan hacia la tubería de conexión al relé Buchholz.

#### Núcleo

El núcleo quedará montado totalmente aislado del estanque y tierra. La conexión a tierra del núcleo se efectuará a través de dos conexiones flexibles removibles, una de ellas para conectar el núcleo a la estructura de sujeción y la otra para conectar la estructura de sujeción a tierra. Estas conexiones deberán ser fácilmente accesibles con fines de inspección y desconexión. La conexión de la estructura de sujeción del núcleo a tierra debe ser removible desde el exterior del transformador.

La sección de la conexión flexible de cobre para puesta a tierra del núcleo no será inferior a 160 mm2.

Los pernos de fijación de la parte activa, especialmente los de fijación del núcleo al estanque, tendrán elementos de bloqueo para evitar que se aflojen debido a vibraciones.

#### Devanados

1. Conexiones

Todas las conexiones desde una sección de un devanado a otra y a los bushings AT y MT deberán estar rígidamente sujetos para impedir daños por vibraciones y otras causas. Donde sea posible, deben usarse tubos de guía aislantes.

1. Materiales auxiliares

Todos los materiales usados en el transformador deberán ser insolubles en aceite caliente. Los barnices y otros materiales auxiliares, aplicados como adhesivos o para fines de protección mecánica, no deberán impedir la completa impregnación con aceite.

1. Secado

El conjunto núcleo-bobina deberá secarse bajo vacío o por medio de procedimiento de fase de vapor a una temperatura que no cause ningún envejecimiento en la aislación y por el tiempo suficiente para reducir el contenido de agua de la aislación a menos de 0,5% del peso de la aislación seca.

Esta condición se verificará en la fábrica, previo a las pruebas eléctricas indicadas en esta especificación en el párrafo 7.3. Para determinar el contenido de agua en la aislación impregnada en aceite, se deberá llenar el transformador con nitrógeno o aire seco y efectuar una prueba para determinar el punto de rocío (dew point) del nitrógeno.

Una vez alcanzado el grado de secado indicado, se procederá de inmediato a realizar la impregnación con aceite vegetal, compatible con el aceite aislante del transformador.

#### Aceite

Para el llenado en terreno del transformador se deberá usar aceite del mismo tipo que el que se utilice para la impregnación de los enrollados en fábrica.

El aceite para llenado del transformador en terreno deberá estar incluido en el suministro y cumplirá los siguientes requisitos básicos:

1. Exigencias

El aceite aislante será puro, claro y libre de ácidos, álcalis o cualquier otra sustancia que empeore sus propiedades refrigerantes o aislantes o que pueda ser dañino a la aislación, pintura, barniz o partes metálicas del transformador. En general, deberá estar libre de partículas sólidas o extrañas y materias en suspensión.

El aceite vegetal deve ser no tóxico, biodegradable, resistente al fuego, derivado de productos naturales y basado en éster natural. El aceite vegetal deberá tener la base 100% derivada de aceites de planta y/o semillas. El aceite vegetal debe ser aprobado en pruebas de biodegradación acuática, fácil biodegradación, toxicidad acuática aguda y toxicidad oral aguda. El aceite vegetal debe ser aprobado como fluido resistente al fuego por la Factory Mutual Global y UL®. El aceite vegetal debe tener pasado por estudios de envejecimiento acelerado a través de tubos sellados y método de prueba Lockie, y tener publicado sus factores de carga A y B. Se del aceite vegetal deberá tener como mínimo diez (10) años de experiencia produciendo y probando refrigerantes dieléctricos. Se deberá poseer como mínimo dos plantas de producción para asegurar continuidad de suministro.

1. Propiedades del Aceite

Se deberá informar las propiedades del aceite ofrecido

1. Resistencia a la oxidación

La resistencia a la oxidación deberá ser comprobada report de ensayo de estabilidad a la oxidación de acuerdo con la Norma IEC 61125 método C. Los resultados de este ensayo deberán cumplir con los límites especificados en la Norma IEC 62770.

1. Azufres corrosivos.

El aceite no debe contener azufres corrosivos de acuerdo a la norma IEC 62535 o a la ASTM D1275B.

Adicionalmente, se deberá realizar la prueba para detectar la ausencia de DBDS (Dibenzil Bisulfato) en el aceite del suministro del transformador de poder, de acuerdo al método DOBLE, indicando los ppm encontrados.

1. Condiciones de suministro

El aceite será embarcado en tambores de acero nuevos, de aproximadamente 200 litros de capacidad, sellados, a prueba de filtración de aceite. Se aceptará el suministro con estanques del tipo flexible, dentro de contenedores, siempre que dichos estanques queden en propiedad del PROPIETARIO. Los tambores tampoco serán devueltos. Los tambores o estanques flexibles resistirán, sin ningún daño, los efectos de manipulación brusca durante el transporte, incluyendo fuertes impactos durante la carga y descarga. Los tambores serán construidos con plancha de acero calibre 18 y deberán cumplir con la Norma ANSI MH2 "Steel Drums and Pails". Los tambores estarán completamente secos y libres de moho y otras materias extrañas antes de ser llenados con aceite.

El sellado evitará el ingreso de humedad.

Todos los tambores y contenedores, en el caso de estanques flexibles, serán marcados de acuerdo con las instrucciones del PROPIETARIO.

La temperatura base para determinar la cantidad de aceite que se despachará será 15°C.

1. Pruebas

El Proveedor deberá realizar todas las pruebas especificadas en estas Especificaciones Técnicas en presencia del PROPIETARIO. Copias de los documentos de pruebas deberán ser entregadas al Cliente. Las pruebas indicadas a continuación se efectuarán en los lotes de tambores especificados; en el caso que el suministro se efectúe por medio de estanques flexibles, las pruebas indicadas se realizarán una vez por cada estanque.

Cada veinte (20) tambores o fracción se determinarán las siguientes propiedades del aceite ya envasado para el despacho:

* Rigidez dieléctrica (Electrodos VDE a 2,5 mm).
* Factor de potencia a 100°C.
* Contenido de humedad.

Si la rigidez dieléctrica y/o el factor de potencia medidos en una o más muestras resulta fuera de los límites establecidos en el punto b) anterior, todo el lote de fabricación del que se extrajeron las muestras será rechazado.

En este caso el Proveedor deberá tratar el volumen total del aceite representado por dichas muestras y repetir las pruebas cada 20 tambores, para demostrar que los contaminantes pueden ser eliminados con un tratamiento adecuado.

1. Normas aplicables

Excepto donde específicamente se haya establecido otra cosa, los ensayos serán hechos de acuerdo con las normas de la American Society for Testing and Materials (ASTM). Otras normas que no sean la ASTM serán aceptadas solamente si son iguales o más estrictas que las normas ASTM.

1. Protocolos

Al momento de la entrega, el Proveedor remitirá al Cliente una (1) copia en formato impreso y una (1) copia en formato pdf digital, de los protocolos de prueba, correspondientes a las pruebas cada 20 tambores.

## Sistema de REFRIGERACIÓN

El sistema de refrigeración consistirá en:

* Radiadores desmontables dispuestos en grupos y adosados al estanque.
* Un juego de ventiladores cuya cantidad mínima determinará el proveedor, tal que permita obtener la potencia máxima (KNAF) al desconectar un ventilador, sin que el equipo pierda su vida útil (criterio n-1). Los ventiladores deberán tener aspas formadas por una sola pieza metálica y tendrán una flecha indicando el sentido de giro e identificación a qué grupo pertenecen.
* Un juego de elementos para control manual y automático de la refrigeración.
* Un juego de indicadores análogos de temperatura
* Sistema de monitoreo digital de temperatura en línea (Cuando aplique).

El número de paneles de radiadores deberá ser tal que el retiro de servicio de uno de dichos paneles no implique reducción de la potencia nominal especificada.

Adicionalmente a la potencia que deberá suministrar en cada etapa de refrigeración, el transformador deberá ser capaz de entregar potencia de sobrecarga, sin pérdida de vida útil, la cual será determinada según lo establecido en las Normas IEEE Std 1276 y/o IEC 60076-14.

El equipo de refrigeración forzada deberá formar un conjunto estructural con el estanque del transformador y deberá ser desmontable.

Los radiadores deberán contar con flanches apernados en todas sus uniones y con válvulas de estrangulación en sus uniones hacia el estanque.

Cada uno de los radiadores y ventiladores deberá tener elementos que permitan amortiguar las vibraciones para evitar cualquier daño en servicio.

La conexión de los ventiladores deberá ser mediante cable aislado y enchufes que permitan desconectar cualquiera de ellos sin afectar el suministro de los demás ventiladores y comprometer la seguridad del personal. El cable aislado deberá ser protegido con canalización flexible y el enchufe deberá ser de tipo industrial, estandar y grado de protección IP66.

Los ventiladores serán diseñados de forma que el nivel de ruido del Transformador en su conjunto, cumpla con la Norma NEMA TR1 2000.

Los materiales que se utilicen deberán ser resistentes al agua, al aceite y a la radiación solar. Las conexiones deberán ser capaces de soportar las vibraciones inherentes al transformador, así como un trato medianamente descuidado.

El control y protección del equipo de refrigeración forzada deberá cumplir con los siguientes requisitos:

* El sistema de refrigeración estará compuesto por una etapa controlada automáticamente y será accionado de manera simultánea por el termómetro de temperatura de devanados análogo y por el monitor de temperaturas respectivamente.

El control automático deberá incluir: un sistema de interrupción general de la refrigeración forzada, un interruptor selector para la operación manual o automática, y una o más alarmas para indicar fallas en este control.

Cada ventilador del sistema de refrigeración forzada deberá poseer un termomagnético que disponga de un contacto auxiliar para dar alarma.

El control automático deberá ser actuado por la temperatura del punto más caliente de los devanados, mediante un dispositivo de imagen térmica, alimentado con un transformador de corriente exclusivo, tanto para el termómetro análogo como también para el monitor de temperaturas. El termómetro análogo deberá tener salida 4-20mA.

El monitor digital de temperaturas de aceite y de devanados (imagen térmica), deberá poseer sensores PT100, del tipo 0-150 °C para la lectura resistiva de las temperaturas. Además, debe disponer de dos (2) contactos de alarma y dos (2) contactos para trip para la temperatura del aceite y de los respectivos devanados, salidas análogas de corriente (4-20 mA) para indicación remota de todas las temperaturas y un (1) contacto que indique la falla del monitor. Todos los contactos de alarma y trip deben ser del tipo NA (Normalmente Abierto) en operación normal, que se deben cerrar al ocurrir un evento. Se aceptará el modelo que posee contacto del tipo programable.

Adicionalmente el monitor digital de temperaturas, deberá poseer puertos de comunicación: RS485, Ethernet, USB y fibra óptica para señalización en SCADA con protocolos de comunicación nativo, DNP 3.0 y TCP/IP e IEC 61850, y deberá ser para montaje en panel.

El cable de bajada desde los sensores PT100 debe contar con una protección mecánica flexible en su recorrido hacia el indicador.

El sistema de control, también debe poseer dos contactos secos para comandar en forma automática (SCADA) la refrigeración.

En el suministro debe considerarse la cantidad necesaria de indicadores digitales de 4 segmentos, con el objetivo de señalar en forma remota, la temperatura de aceite y devanados, en el panel remoto de las sala de control. Los indicadores deberán poseer característica de salida de corriente 4-20 mA y alimentación de 125 Vcc.

El monitor digital de temperatura (ver sección 6.5) deberá controlar la operación de los sistemas de refrigeración del transformador, las señales de alarmas y las funciones de trip, para cuatro contactos de salida independientes. Estas, deberán ser ajustadas en fábrica de acuerdo a las características de diseño del transformador, para las temperaturas del punto más caliente de los devanados:

Como referencia se muestra la tabla, que debe ser confirmada por el fabricante de acuerdo a las características de diseño.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| CONTACTO | FUNCIÓN | Tº Operación |
| **1** | Partida primera etapa de la refrigeración forzada | 85ºC |
|
|
| **2** | Alarma por temperatura devanado | 105ºC |
|
| **3** | Desconexión por temperatura de devanado | 135ºC |
|

Adicionalmente, los otros contactos de alarma y trip por temperatura de aceite, deben ser ajustados por el fabricante, según su recomendación.

El monitor digital deberá poseer fuente de alimentación de 125 Vcc y permitir que el usuario (con una password) pueda modificar todos los ajustes a su voluntad, sin necesidad de solicitar autorización al fabricante del equipo. Por otra parte, se podrá proponer otras temperaturas de ajuste para las funciones indicadas.

El control de los motores de los ventiladores deberá estar dispuesto para operación manual y automática y deberá ser operable en forma local desde la base del transformador y remota desde el sistema de control, en la sala de control.

Extensión del Suministro del Sistema de Refrigeración.

El suministro deberá incluir todos los elementos que pertenezcan al sistema de refrigeración y sean necesarios para su montaje, operación y control.

### Purgas de Aire

En todos los puntos elevados, las tuberías de aceite deberán tener un accesorio que permita purgar el aire al reemplazar cualquier componente del sistema de refrigeración. También habrá tuberías de conexión desde la caja de bushings hacia la tubería del relé Buchholz.

### Requisitos Adicionales del Sistema de Refrigeración

El sistema de enfriamiento deberá cumplir, además, con los siguientes requisitos:

Los tubos de los paneles de radiadores serán fácilmente accesibles desde todos los lados para limpiar y pintar. Además, estarán diseñados para evitar la formación de bolsillos de gas cuando el estanque se llena con aceite.

Cada radiador o colector de radiadores tendrá un tapón de drenaje en la base, una argolla de izado y un tapón de purga de aire.

En uno de los paneles de radiadores deberán proveerse dos bolsillos apropiados para instalar termómetros de alcohol o termocupla, uno en el colector superior y otro en el colector inferior. Estos termómetros se usarán solamente durante la prueba de calentamiento.

Los bolsillos para instalar la termocupla de los indicadores análogos de temperatura, deberán quedar en la parte superior y en el costado de la carcaza del transformador.

Las carcazas y otras partes metálicas de los motores y ventiladores serán fabricados con materiales resistentes a la corrosión o adecuadamente protegidos contra la corrosión ambiental, según lo estipulado en estas especificaciones.

### Motores

Los motores de los ventiladores deberán ser del tipo TEFC (Totally Enclosed Fan Cooled) o de un grado de protección similar y tener aislación a prueba de humedad y adecuada para las condiciones ambientales definidas en la hoja de características garantizadas del Anexo A de estas especificaciones. Serán trifásicos y adecuados para conexión directa a la alimentación de corriente alterna de 380 V.

## Sistema de Preservación de Aceite

### Extensión del Suministro

El transformador deberá tener un sistema de preservación de aceite que comprenda un conservador (estanque de expansión del aceite) y un sistema para evitar la contaminación del aceite mediante bolsa de goma (bladder). La bolsa deberá contar con un dispositivo de detección de rotura el que deberá permitir verificar el estado de la bolsa posterior a todas las pruebas mecánicas.

### Requisitos Constructivos del Sistema de Preservación de Aceite

El conservador, y cualquier otro compartimiento requerido por el sistema, deberán estar directamente adosados al estanque principal y cumplir con los requisitos indicados a continuación:

El transformador deberá estar equipado con un sistema protector especial que prevenga en forma efectiva todo contacto entre el aceite y el aire del ambiente. Cualquier principio de preservación puede usarse para este objeto, excepto sistemas de gas a presión variable o a alta presión, los que no se aceptarán.

El conservador y sus soportes deben estar ubicados a un costado del transformador, manteniendo distancias de seguridad y evitando interferir con la conexión de conductores a los bushing AT y MT.

Adicionalmente, los soportes del conservador y de cualquier otro compartimiento deberán:

1. Estar montados sobre el estanque del transformador; no se aceptarán soportes con estructura montada en el suelo.
2. Estar diseñados de manera que sus frecuencias de oscilación propia sean iguales o superiores a 30 Hz, considerando la masa del máximo volumen de aceite, a fin de evitar resonancia con el estanque.

Para determinar el volumen interno del conservador se deberá considerar:

1. Un volumen mínimo de expansión equivalente al 10% del volumen del aceite existente en el estanque principal del transformador.
2. A la temperatura de -10° C, la altura del aceite sobre el fondo del conservador deberá ser mayor o igual que 120 mm (Posición inferior del diafragma).
3. Una altura libre entre la parte superior interior del conservador y el diafragma en su posición máxima superior, mayor o igual a 100 mm. Esta altura se considera libre y adicional sobre los dos volúmenes antes indicados.

Se deberá proporcionar una curva de llenado del conservador, en que se indique el nivel que debe tener el conservador de acuerdo con la temperatura ambiente en que se realiza el proceso de llenado.

El estanque conservador deberá considerar una escotilla de inspección que permita verificar el funcionamiento del sistema indicador de nivel (tipo ventanilla).

## Instrumentos

Los instrumentos que suministre el Proveedor con el transformador deberán ser herméticos al polvo y al agua incidente desde cualquier dirección (Mínimo IP 55). Además, deberán ser insensibles a las vibraciones originadas por el servicio o por sismos. Los contactos de los instrumentos no podrán ser de mercurio (Hg).

Todos los instrumentos indicadores deberán poder leerse desde la base del transformador en servicio y los indicadores de temperatura, deben ser instalados a una altura razonable para su intervención sin poner en riesgo de accidente a un operador.

### Extensión del Suministro de Instrumentos

El transformador deberá estar equipado con los otros instrumentos, que deberán tener las características que se indican a continuación.

#### Relé Buchholz

Un relé Buchholz, tipo antisísmico, de doble flotador, con contactos de alarma y de desconexión independientes y con medios para colectar y retirar muestras de gas, para análisis. Deberá ser adecuado para conexión con flanches y empaquetaduras, por ambos extremos, a la tubería que conduce al conservador, la que deberá estar ligeramente inclinada con respecto a la horizontal. Las sensibilidades de operación deberán estar de acuerdo con la norma alemana DIN 42566.

El relé Buchholz deberá estar provisto de un sistema que permita comprobar desde el exterior del relé la operación de sus 2 flotadores con sus correspondientes microswitches, estando el relé instalado en el transformador.

#### Válvulas de Sobrepresión

Una válvula de sobrepresión, equipada con dos (2) contactos eléctricos tipo N.A. y (2) contactos tipo N.C. e indicador mecánico de operación, para operar a una presión inferior a la de diseño del estanque o radiadores.

Esta válvula será empernada a un flanche soldado directamente en la tapa del transformador.

Se debe considerar una válvula para la cuba del transformador y para la cuba del CTBC.

#### Indicadores de Nivel de Aceite

Un indicador de nivel del aceite del conservador, con esfera para lectura local y escala graduada del “0” al “10” en una amplitud de 240° a una temperatura ambiente marcada claramente sobre la misma esfera, con dos (2) contactos uno tipo N.A. y uno tipo N.C. que se actúen para el bajo nivel de aceite y dos (2) contactos: uno tipo N.A. y uno tipo N.C. que actúen para el nivel muy bajo de aceite

Para facilitar su lectura a un operador parado al pie de la base, los indicadores de nivel deberán instalarse con un ángulo de inclinación de 45°.

El indicador debe poseer un gancho u otro elemento que permita realizar pruebas de operación de los contactos, sin intervención mayor que considere el desarme del instrumento.

#### Indicadores de Temperatura Análogos

Un indicador de temperatura de aceite y para el enrollado de media tensión, del tipo reloj análogo para lectura directa desde pie de equipo.

La escala de graduación debe estar entre los “0°” a “150°” Celcius, con los contactos necesarios para alarma y desenganche en base a límites de temperatura ajustables y que debiera corresponder con la tabla del ítem 6.4. Además deben poseer el accesorio para disponer de una salida de 4-20 mA para lectura remota de temperatura.

#### Dispositivos para control de la refrigeración forzada

El sistema de refrigeración forzada deberá tener un juego de dispositivos para control de las etapas de enfriamiento como sigue:

1. Un interruptor de transferencia para control manual automático, con contactos adicionales para indicación remota de cada posición.
2. Protección individual contra sobrecargas y cortocircuitos, y medios de desconexión para cada ventilador con contactos de alarma.
3. El equipo de control requerido para la correcta operación, incluyendo un interruptor manual que permita una desconexión completa de la refrigeración forzada, con contacto de alarma.
4. Un relé para alarma por falta de tensión en el circuito de control de la alimentación de ventiladores.

### Alimentación de Baja Tensión

El diseño básico contempla una alimentación de 125 V c.c. para los dispositivos de control y otra de 380/220 V c.a. trifásica/monofásica, 50 Hz, con neutro conectado sólidamente a tierra, para alimentar motores trifásicos/monofásicos y sus interruptores, contactores, partidores y protecciones. Todos los componentes deberán operar correctamente dentro de las variaciones de +20% y -20% de la tensión de alimentación continua (c.c.) y ±15% de la tensión de alimentación alterna (c.a.) y estar equipados con contactos auxiliares para indicación remota de cada posición.

### Protección de Circuitos

Tanto los circuitos de poder como los de control deberán ser protegidos mediante interruptores automáticos con contactos auxiliares para señalización remota, que deben ser del tipo operación de sobrecarga (SD) y desconexión (OF). No se aceptará el uso de fusibles para estos propósitos.

### Alambrado

Todos los dispositivos de operación y control deberán estar alambrados mediante conductores tipo cordón flexible del tipo Top cable screenflet 200 VC4V-K8/800-1000V/GCT TP o similar a prueba de intemperie, montados ordenadamente en escalerillas sin tapa y deberán tener dispositivos adecuados para evitar la acumulación de agua. El cordón ingresará al tablero de control por medio de prensa estopa por la caja inferior, hasta terminales ubicados en los gabinetes especificados en el párrafo 6.6.5 siguiente. Los cables deberán pasar directamente desde los dispositivos hacia el gabinete sin conexiones intermedias a través de bornes. Se usará cordón flexible, de calibre 2,5 mm2 para los circuitos de control y 4mm para los circuitos de corrientes, ambos con aislación para 1000 V. Otros calibres deberán ser respaldados con su respectiva memoria de cálculo.

Las conexiones de los cables de control con los bornes se deberán realizar con terminales de marca 3M

.

### Gabinetes o Cajas de Control

Los dispositivos de poder, control y auxiliares, deberán alojarse en un Gabinete o tablero de control adosado a la cuba del transformador. Todos los dispositivos pertenecientes al sistema de enfriamiento se ubicarán en un compartimiento, mientras que los terminales de los circuitos de control y alarma, y los de los secundarios de los transformadores de corriente deberán preferentemente montarse en otro compartimiento del tablero de control. Quedará a criterio del PROPIETARIO el aceptar en la etapa de diseño cajas por separado. las regletas de bornes apilables se colocarán para los diferentes circuitos, como los son: Circuitos de control de c.c., alimentaciones de poder de c.a., dispositivos auxiliares del transformador y todo circuito de control de c.a.

Cada regleta de bornes apilables deberá estar marcada con designación y numeración impresa en tecnología UV o de transferencia térmica. Cada cable terminal estará debidamente rotulado con funda termo contraíble. En cada regleta de bornes apilables se deberá dejar libre, para uso del PROPIETARIO, no menos del 10% de dichos terminales.

Las regletas de bornes apilables, deberán disponerse de tal manera que permita realizar el alambrado remoto sin complicaciones, con el espacio suficiente para ello por el interior de bandejas.

Los tableros o gabinetes de control deberán ser de construcción sólida para uso a la intemperie, a prueba de agua y polvo; deberán cumplir con la clasificación de protección IP 55, según la norma IEC 60529. Además, deberán tener doble puerta, una exterior sin ventanas y otra interior para el montaje de los elementos y accesorios de control de voltaje, medición de temperatura, control del CTBC y ventiladores, con puertas abisagradas y cerraduras de tipo cilindro y estar provistas con luz fluorescente interior operada por un interruptor de puerta y con al menos, dos enchufes hembra, tipo norma chilena, para 220 V, 10 A, (c.a.). Se incluirán calefactores con termostatos ajustables, para mantener la temperatura interior de las cajas suficientemente por encima de la temperatura ambiente, con objeto de prevenir la condensación de humedad. El calefactor deberá quedar instalado en una posición tal que no se acerque a los componentes de control y con elementos de disipación para no producir daño por quemadura al tacto. Deberá dejarse espacio para una fácil entrada, por la parte inferior, de ductos con cables de poder y control. En la fábrica no deberán hacerse perforaciones para este objeto.

El acceso de los ductos que traen los cables desde los dispositivos del transformador a las cajas deberá ser por la parte inferior, como también, estar montadas de manera que todos los cables de control externo sean accesibles desde la base del transformador. Deberán estar equipadas con amortiguadores de neopreno, para resistir los esfuerzos provocados por vibraciones, oscilaciones e impactos, producidos por movimientos sísmicos y de transporte, de acuerdo con lo especificado en el ítem 6.3.2 de esta especificación.

Las cajas estarán conectadas a tierra y deberán poseer por el interior una barra de cobre perforada para conectar los cables de tierra internos y externos.

## Válvulas y Accesorios del Transformador

### Válvulas para el Estanque Principal

La unidad deberá suministrarse con las siguientes válvulas para el estanque principal:

* Una válvula de drenaje que permita un drenaje completo hasta 25 mm desde el fondo.
* Una válvula de filtrado, cerca del fondo, cuyo diámetro interior no podrá ser menor que 50 mm.
* Una válvula de muestreo para el aceite del fondo de a lo menos 50 mm de diámetro.

Estas tres válvulas podrán estar combinadas en una sola válvula especial que tenga salidas adecuadas para estos usos.

* Una válvula de filtrado cerca del extremo superior del estanque, en el lado opuesto al que se encuentra la válvula de filtrado inferior, cuyo diámetro interior no podrá ser menor que 50 mm.
* Una válvula de muestreo cerca del extremo superior del estanque principal de a lo menos 50 mm de diámetro.

Estas últimas dos válvulas podrán estar combinadas en una sola válvula especial, que tenga salidas adecuadas para estos usos.

Para el llenado del Transformador, se 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 debe evitar la acumulación de gases.

Todas las válvulas deberás estar previstas de una protección para el transporte.

Las válvulas de drenaje deben contener accesorio para toma de muestras del aceite.

### Válvulas para el Estanque Conservador

* Una válvula de drenaje que permita el drenaje completo de al menos 50 mm de diámetro.
* Una válvula de muestreo en el fondo de al menos 50 mm de diámetro.

Estas dos válvulas podrán estar combinadas, igual que en el estanque principal.

* Una válvula de paso en cada lado del relé Buchholz para la conexión a las tuberías
* Una válvula de by-pass del relé Bucholz.
* Una Válvula de ecualización de presiones entre el estanque conservador del transformador y conmutador bajo carga
* Válvula automática de retención que será instalada en la cañería del relé Buchholz de conexión entre el tanque de expansión principal (conservador) y la cuba. Dicha válvula se cerrará automáticamente y bloqueará el paso del aceite cuando se produzca una pérdida importante en la cuba. Tendrá claramente identificada la posición de trabajo. En caso que la válvula de retención no sea apta para realizar tratamientos o llenado de aceite a través de ella, deberá proveerse un circuito especial para tales fines. Se deberá entregar para su aprobación un plano con detalles y cortes constructivos de dicha válvula, donde se aprecien el mecanismo de retención, los elementos constitutivos y los materiales empleados. Esta válvula deberá poseer los contactos auxiliares de alarma según lo descrito en los puntos anteriores.

### Válvulas para los Paneles de Radiadores

Cada panel de radiadores será suministrado con dos válvulas de paso, a la entrada y salida del circuito de aceite de cada panel de radiador y colector de paneles de radiadores.

### Condiciones exigidas para las Válvulas

Todas las válvulas de filtrado deberán ser adecuadas para permitir un acoplamiento con flanche, a los equipos de tratamiento de aceite.

Las válvulas de paso deberán tener un dispositivo que indique las posiciones cerrado y abierto y que permita su bloqueo en ambas posiciones. Se deberán suministrar, separadamente, flanches o su equivalente, a prueba de aceite, para uso en cada unión, cuando se retiren los paneles de radiadores.

Todas las válvulas deberán estar conectadas por medio de flanches unidos con pernos y empaquetaduras que permitan instalarlas y removerlas individualmente.

Las válvulas de drenaje, filtrado y conexión entre conservador de aceite y relé Buchholz deberán ser del tipo cortina (gate valve).

Todas las válvulas de drenaje, filtrado y muestreo, deberán poder resistir, sin filtraciones, las presiones de operación con aceite caliente y las sobrepresiones de prueba bajo aire y aceite.

Las válvulas de los radiadores deberán ser del tipo mariposa, de sello metal – metal. No deberán tener “O – ring” para efectuar el cierre.

### Elementos para mover el transformador

Deberán proveerse los siguientes elementos para izar con estrobos, levantar con gatos y remolcar el transformador, justificando sus dimensiones mediante memoria de cálculo:

#### Cáncamos del Núcleo

Dos juegos de cáncamos para izar con grúa la tapa del estanque y el conjunto núcleo-enrollado, respectivamente.

#### Guías en el Estanque

Un juego de guías en el estanque u otro medio satisfactorio, para dirigir el conjunto núcleo-enrollado al retirarlo e introducirlo en el estanque principal.

#### Cáncamos u orejas del transformador

Cuando el peso del transformador completamente armado lo posibilite, a lo menos cuatro cáncamos para izar con grúa el transformador, calculados para resistir el peso total del transformador con aceite. Cada uno de los cáncamos será capaz de resistir ampliamente la mitad del peso total del transformador de poder.

Cuando el peso del transformador sobrepase las 30 toneladas, se propondrá alternativas factibles para el izado del transformador.

#### Guías para los Estrobos

Un juego de guías para estrobos, ubicadas adecuadamente, en la tapa o estanque principal del transformador para evitar que los estrobos puedan presionar directamente o resbalar libremente sobre las aristas formadas por las paredes y tapa del estanque, según sea el caso.

#### Placa para Gatos

Cuatro placas adosadas al transformador para levantar mediante gatos el transformador completamente armado y con aceite. Cada una de ellas deberá ser capaz de resistir el 50% del peso total del equipo.

#### Argollas de arrastre

Argollas de arrastre ubicadas adecuadamente para remolcar el transformador en cualquier dirección paralela al eje del mismo.

Se supondrá que la fuerza de tracción es el 30% del peso de transporte del transformador.

El cálculo deberá considerar tanto para el acero como para la soldadura un factor de seguridad igual o mayor que 2, a partir de la tasa de trabajo (70% del límite elástico) de dichos materiales, para considerar que la fuerza de arrastre no se aplica uniformemente a las argollas.

### Suministro de accesorios del transformador

Otros dispositivos normales que deberán proveerse con el transformador son:

#### Pernos y Tuercas de Anclaje

Los pernos y tuercas de anclaje no son parte del suministro.

#### Terminales de Puesta a Tierra

Dos terminales conectores tipo prensa, de acero inoxidable, para conexión del transformador a la malla de puesta a tierra. Cada uno de estos terminales se soldará en la arista derecha inferior, de cada frente ancho del estanque del transformador.

Cada terminal estará conformado por dos placas, una soldada al transformador y otra libre unida con 4 pernos a la primera, de modo que permitan aprensar entre ellas dos cables paralelos de sección # 4/0 AWG (107 mm2) o de 250 MCM (125 mm2), cada uno.

#### Escalera

Una escalera metálica adosada al estanque, cercana al relé Buchholz, con la parte inferior adecuada para plegarla y asegurarla. La baranda de esta escalera debe sobrepasar en 80 cm la tapa del transformador y curvarse hacia el centro de éste.

Se deberá asegurar que la escalera no vibre con el transformador energizado. El sistema de seguro de la escalera deberá incluir un candado apropiado.

#### Aberturas de trabajo e inspección

Se deberán proveer aberturas con tapa unida con pernos y empaquetaduras, con dimensiones y ubicaciones adecuadas para un fácil trabajo de inspección y conexión del extremo inferior de los conectores de los bushings, cambiadores de tomas, terminales, conexión a tierra del núcleo, etc., y para el reemplazo de los transformadores de corriente y otros auxiliares, sin necesidad de remover la tapa u otros componentes mayores del transformador.

* Las dimensiones de las aberturas que se indican no tendrán dimensiones inferiores a 500 mm (Man hole), ya sea en su diámetro si son circulares o en sus lados si son rectangulares.
* Un orificio de mano (Hand hole) en toda caja de unión con uniones removibles para permitir el desmontaje, remoción y reposición de ellas.
* Un orificio de mano en el conservador para fines de limpieza.
* En adición a las aberturas u orificios en el estanque del transformador que se han mencionado, se considerará sobre la tapa del estanque dos aberturas, provistas con tapas unidas con pernos y empaquetadura; el diámetro de estas aberturas no será inferior a 250mm.

#### Placas de Características

Se deberá suministrar un juego de placas de características en español, cuyo diseño y leyenda serán sometidos a aprobación. El material de las diversas placas que se solicitan en estas cláusulas será acero inoxidable. El proveedor deberá disponer del diseño y entregar las fotos de estas placas una semana después de las pruebas en fábrica. Las placas serán, como mínimo, las siguientes:

1. Placa de características del transformador propiamente tal, ubicada de manera que sea claramente visible desde la posición de operación del cambiador de tomas bajo carga, con todos los datos pertinentes, dentro de los cuales se deberán considerar:
   * Norma de fabricación y año de edición.
   * Número de fases.
   * Polaridad y grupo vectorial.
   * Elevaciones de temperatura obtenidas en las pruebas correspondientes y las máximas permitidas.
   * Valores medidos de las impedancias de secuencia positiva, negativa y cero, para las posiciones de tensión máxima, nominal y mínima del cambiador de tomas.
   * Nivel básico de impulso de cada enrollado (BIL).
   * Pesos del estanque con los accesorios principales, con y sin aceite.
   * Peso de transporte.
   * Altura de izado para desencubar la parte activa, incluyendo estrobos.
   * Volumen y peso del aceite a 20° C, tanto en el estanque principal como en los diferentes accesorios.
   * Diagrama esquemático de los enrollados con sus terminales, transformadores de corriente, principales y auxiliares, imágenes térmicas y cualquier equipo que se encuentre instalado en el interior del transformador de poder y que haya sido previamente aceptado por el PROPIETARIO.
   * Tabla con la razón de transformación, carga en VA (burden), precisión y nivel de aislación de cada uno de los transformadores de corriente, con indicación de función.
   * Tabla de operación del cambiador de tomas bajo carga (CTBC) en que se indique, para cada ubicación del indicador de posiciones del CTBC, las correspondientes al selector, al conmutador inversor, y los niveles de tensión y corriente.
   * Indicar que el estanque, radiadores, y conservador de aceite resisten vacío absoluto.
   * Indicar la altura máxima de instalación sobre el nivel del mar.
   * Indicar el número del manual de instrucciones que corresponde al transformador.
   * Vista esquemática en planta del transformador, en que se identifique cada uno de los terminales, según norma ANSI.
   * Pérdidas en vacío, en el cobre y pérdidas totales
   * Año de fabricación.
   * Tipo de Aceite
   * Fabricante, país, etc.
2. Placa(s) de esquemas eléctricos de circuitos de control, de circuitos de fuerza de la refrigeración, en que se muestren además los transformadores de corriente que se encuentren involucrados.
3. Placa descriptiva de las regletas con las corridas de terminales, montadas dentro de los gabinetes respectivos, en que se identifiquen con la mayor claridad posible los conductores y accesorios que llegan y/o salen de los diferentes terminales.
4. Placas que identifiquen en forma adecuada, tanto desde la base del transformador, como desde la tapa del estanque, las diferentes denominaciones de los terminales de fases y neutro del transformador.
5. Las placas de características, incluyendo instrucciones y advertencias, relativas a todos los instrumentos (imágenes térmicas y sus respectivos instrumentos) y accesorios que sean visibles desde el exterior del transformador.
6. Placas que identifiquen cada una de las placas de gateo, argollas de arrastre y cáncamos del transformador.
7. Placas montadas en el interior de la tapa de cada caja de terminales secundarios de cada transformador de corriente, con su identificación respectiva. Adicionalmente, cada terminal secundario deberá estar identificado mediante marca de golpe.
8. Placa de advertencias relacionadas con el equipo automático de control de presión de nitrógeno, que se instalará durante el transporte del transformador.
9. Placa de características de cada bushing, montada en las cajas de bushings.
10. Placa que identifique la escotilla que permite remover la puesta a tierra del núcleo al estanque.
11. Placa que identifique cada gabinete que se encuentre instalado sobre las paredes del estanque.
12. Placas que identifiquen los 2 terminales de puesta a tierra del transformador de poder.
13. Placas que muestren la relación de altura de llenado de los conservadores de aceite, en función de la temperatura ambiente.
14. Placa en Transformadores de corriente que identifique razón, burden, Ith. etc

## Cambiador de Tomas bajo Carga (CTBC)

La capacidad nominal de los CTBC deberá ser igual o superior al 125% de la corriente nominal del enrollado de alta tensión.

El CTBC, será para regulación en el enrollado de alta tensión en 17 pasos, ±8 x 1,25%, con accionamiento motorizado. Debe ser de marca Maschinenfabrik Reinhausen (MR) o similar, tipo Vacutap y control MR Tapcon 230 Expert o similar con protocolo DNP 3.0, TCP/IP y IEC61850, montaje en panel.

El cambiador de tomas bajo carga, junto con todos los elementos y pruebas correspondientes deberán estar acordes a la Norma IEC 60214.

Este CTBC deberá cumplir, además, lo especificado a continuación:

### Selector de tomas

El interruptor (diverter switch) y el selector de tomas deberán estar montados dentro del estanque del transformador. El selector de tomas deberá ser de un diseño tal que prácticamente no sufra desgaste, de manera que su duración no sea inferior a la vida del transformador. Deberán proveerse medios para tener acceso al selector, sin retirar la parte activa del transformador.

### Compartimiento para interruptor

Los contactos de arco del interruptor deberán estar ubicados en un compartimiento individual. Este compartimiento deberá tener una tapa empernada, con empaquetaduras, que dé acceso al interruptor sin abrir el estanque principal o bajar el nivel de aceite en éste. Deberá tener su llenado propio e independiente de aceite, incluyendo un compartimiento de expansión junto al conservador del transformador.

Deberá haber medios y elementos para un fácil mantenimiento y reemplazo de los contactos y de cualquier otro componente, sujetos a desgaste o expuestos a sufrir deterioro en servicio.

También deberá tener sus propias facilidades para drenaje, muestreo y llenado de aceite. Deberá estar diseñado para resistir el llenado con aceite bajo vacío (esencialmente vacío absoluto). El secado o llenado con aceite bajo vacío del estanque principal, no deberá afectar a este compartimiento en modo alguno.

### Diseño del CTBC

Los contactos de arco deberán estar diseñados para a lo menos 30.000 cambios de derivación a 1,25 veces la corriente nominal y 40 cambios a dos veces la corriente nominal, sin una erosión apreciable de los contactos y sin requerir reemplazo alguno. Adicionalmente, el mecanismo del interruptor deberá estar diseñado para un mínimo de 500.000 cambios en vacío, sin exhibir desgaste apreciable alguno.

### Accesorios del CTBC

Cada cambiador de tomas deberá suministrarse completo, con los siguientes accesorios:

* Interruptores eléctricos de fin de carrera operados mecánicamente y topes mecánicos, en el mecanismo de accionamiento, para impedir una sobrecarrera más allá de las posiciones máximas de subir o bajar.
* Una rueda o manivela removible, para el cambio de tomas manual directo, combinada con un enclavamiento eléctrico que desconecte el accionamiento a motor, mientas la rueda o manivela esté insertada.
* Un dispositivo o enclavamiento que evite la operación del cambiador de tomas durante cortocircuitos.
* Dos botoneras para dar órdenes eléctricas de subir o bajar, dispuestas de manera que cada orden mueva al cambiador de tomas en un sólo paso.
* Un indicador de posición local del tipo mecánico, legible desde la base del transformador durante la operación manual del cambiador.
* Un contador de operaciones capaz de registrar hasta 99.999 operaciones.
* Equipo de control del accionamiento a motor, incluyendo: relés, contactores, etc., requeridos para su correcta operación bajo órdenes eléctricas locales y remotas; dispositivos de protección para el motor y un interruptor manual que permita una desconexión completa del accionamiento y medios para indicación remota de posición (4-20 mA).
* Tres contactos auxiliares, como sigue: un contacto normalmente abierto que cierre mientras se sube la tensión; un contacto normalmente abierto que cierre cuando se baja la tensión y un contacto normalmente cerrado que abra mientras se sube o se baja la tensión.
* Un juego de contactos de alarma para señalizar condiciones de accionamiento atascado, cambio de tomas incompleto y accidentes similares.
* Una válvula combinada de drenaje y muestreo, en el fondo, que permita el drenaje completo.
* Un indicador de nivel de aceite, igual al especificado en el ítem 6.7.1 de esta especificación.
* Una válvula de paso entre el dispositivo protector y el conservador del CTBC, que podrá utilizarse para alivio de presión.
* Una válvula de alivio de presión con contacto indicador de operación.
* Medios para izar y hacer mantenimiento, individualmente, al interruptor de tomas.
* Una tapa de evacuación, si es necesaria, para cumplir con el ítem 6.9.2 de esta especificación.
* Una abertura que dé acceso al selector de tomas y a otras partes móviles, para su inspección.
* Bolsillo térmico en la tapa del cambiador para posibilitar la instalación de un PT 100 con las características indicadas en el punto 6.5 y que pueda medir la temperatura de aceite del CTBC, a fin de detectar tempranamente fallas térmicas en el equipo.
* Un gabinete metálico a prueba de intemperie, adosado al estanque del transformador, que aloje al accionamiento a motor y todos los controles especificados y cumpla con los requisitos del ítem 6.7.5 de esta especificación.
* El gabinete estará equipado con amortiguadores de neoprene, para resistir los esfuerzos provocados por vibraciones, oscilaciones e impactos producidos, por movimientos sísmicos y de transporte, de acuerdo con lo especificado en el ítem 6.4.3.
* Se incluirá en el suministro un transformador de corriente apropiado para compensar la caída de tensión en la línea.

### Control remoto automático del CTBC

El equipo de conmutación de tomas bajo carga deberá incluir los medios para un control remoto totalmente automático y manual del transformador, en conformidad con la norma IEC 60214. Para este objeto, los siguientes dispositivos de control deberán ser suministrados:

* Un relé regulador de tensión para el control automático del cambiador de tomas, provisto de un ajuste fino que permita mantener, en los terminales regulados del transformador, cualquier tensión dentro de los límites especificados, con una compensación ajustable por caída de tensión en la línea y que dependa del factor de potencia; con una banda muerta ajustable y con una protección de baja tensión que impida la falsa operación del relé y dé alarma en el caso de fusibles quemados o accidentes similares.
* El relé deberá tener una característica ajustable, con retardo de tiempo, inversamente proporcional a la tensión y tiempo mínimo fijo, o bien, una característica de retardo de tiempo fijo, ajustable entre 15 y 60 segundos, en ambas direcciones de subir y bajar, siendo este retardo de tiempo sólo aplicable al primer paso de un cambio de tomas. No deberá tener lugar ninguna acción del relé, si la tensión vuelve dentro de los límites de la banda muerta, antes de completarse el movimiento de los contactos del relé o del dispositivo de retardo de tiempo.
* El relé regulador de voltaje, deberá quedar instalado en el gabinete de control del transformador del mismo modo que el monitor de temperaturas del punto 6.5, y deberá poseer todas las características de comunicación para la integración al SCADA del PROPIETARIO. Es decir, deberá poseer como mínimo los puertos RS232, RS485, Fibra Óptica y Ethernet, además de operar a través de un protocolo de comunicaciones propietario, DNP3.0, IEC61850 y TCP/IP.
* Un interruptor de transferencia, automático-manual, que tenga contactos suficientes para desconectar completamente el equipo de control automático, en la posición manual y el equipo de control manual, remoto y local, en la posición automática, con contactos adicionales para la señalización remota de cada posición.
* Medios para la operación automática en paralelo con otros cambiadores de tomas bajo carga.
* Un panel de conmutadores o botoneras, para dar órdenes manuales remotas de subir o bajar, dispuesto de manera que cada orden manual haga subir o bajar el cambiador, en un sólo paso.
* Transmisores de posición de tomas e instrumentos receptores, para la indicación remota de la posición. El suministro incluirá transductores para la indicación de posición, con dos (2) salidas de 4-20 mA c.c., con el objeto de integrar la medida al sistema de control local centralizado de la subestación.

El suministro deberá incluir dos (2) coronas de contactos del tipo potenciométrica, para indicación de la posición de trabajo del CTBC.

### Señales de Tensión y Corriente para el CTBC

Las señales de tensión y de corriente para la operación automática del CTBC serán obtenidas de transformadores de tensión y de corriente, siendo este último parte de este suministro.

## Elementos para el Control Remoto

El proveedor deberá suministrar indicadores del tipo digital y montaje en panel, para visualizar la indicación de todas las medidas de temperatura y Taps del CTBC, en un panel de control remoto (este panel no es parte del suministro).

## Requerimientos anticorrosivos

Con el fin de evitar la corrosión, todos los elementos deberán cumplir con los siguientes requisitos:

Los pernos, tuercas y arandelas de hierro o acero serán galvanizados por el proceso de inmersión en caliente y deberán cumplir con las Normas ASTM A 153, A 143 y B6 última edición. Se usará zinc de la calidad "Intermediate" o superior, de acuerdo con la tabla N°1 de la Norma ASTM B6, con un contenido de aluminio inferior a 0,005%.

Para evitar la corrosión galvánica que se presenta en la zona de materiales diferentes en contacto, deberán proveerse combinaciones de metales o aleaciones que no produzcan una diferencia de potencial galvánico superior a 0,6 V (excepto elementos bimetálicos).

Los tipos de combinaciones de metales indicados en el punto anterior, además del procedimiento de aplicación del color de terminación, se deberán someter a la consideración del PROPIETARIO.

# ENSAYOS Y VERIFICACIONES EN FÁBRICA

## Generalidades

Las pruebas especificadas a continuación tienen el carácter de rutina, por lo que no se aceptará la presentación de protocolos en reemplazo de ninguna de las pruebas especificadas, salvo indicación en contrario. Se deberá entregar los protocolos de todas las pruebas que se efectúen.

Se deberá realizar todas las pruebas aquí especificadas, además de todas las pruebas especificadas en las normas correspondientes para comprobar las características de los materiales y la calidad de la mano de obra usados en la fabricación del equipo y componentes del suministro.

Se deberá especificar bajo qué norma se ha realizado cada una de las pruebas para aprobación.

En caso de falla durante la prueba de recepción, que signifique abrir la tapa del estanque del transformador, se deberá repetir las pruebas dieléctricas a su costo y cargo.

Se deberá enviar, con dos meses de anticipación a las pruebas en fábrica, un programa de controles, verificaciones y pruebas considerados durante el proceso de fabricación, armado y recepción final en fábrica tanto de componentes como del conjunto.

En este programa se deberá proponer el grado de participación que considerará para cada etapa, señalando cuáles corresponden a procesos en que participa el Control de Calidad y cuáles procesos en que participa el PROPIETARIO. En todo caso, este programa deberá considerar como mínimo las pruebas que aquí se especifican, incluyendo lo siguiente:

a. Detalle de cada prueba, con circuitos y valores a considerar.

b. Secuencia de realización de las pruebas.

c. Cronograma de toda la inspección.

Salvo indicación por escrito en contrario, todas las pruebas aquí especificadas serán inspeccionadas por el PROPIETARIO o por un representante autorizado.

## Pruebas en Componentes Individuales

### Ventiladores

Pruebas completas de los ventiladores, incluyendo su equipo de control.

### Bushings; Pruebas Eléctricas y Mecánicas.

En la fábrica de los bushings deberán efectuarse, en cada uno, las siguientes pruebas:

1. Prueba de tensión aplicada resistida, a frecuencia industrial, 1 minuto, seco. Durante esta prueba, se determinarán las descargas parciales para tensiones mayores a 66 kV.
2. Prueba de estanquidad a una presión interna mínima de 14 N/cm2 (presión manométrica), durante 24 horas, con aceite caliente a 75ºC.
3. Medición del factor de pérdidas dieléctricas y capacidad, a la tensión máxima permanente a tierra, después de la prueba de tensión aplicada resistida, a frecuencia industrial. Durante esta prueba se determinarán las descargas parciales.
4. Capacidad electrostática medida en los terminales de las tomas, y las pruebas de tensión aplicada en terminales de potencial y de prueba (potential y test tap).
5. Los bushings de más de 66 kV deberán tener las siguientes características de descargas parciales internas:
   * No deberán ser afectados cuando se les aplican las tensiones de las pruebas dieléctricas.
   * Las curvas de dichas descargas en función de la tensión, creciendo la tensión hasta el nivel de prueba resistido en seco, a frecuencia industrial, y decreciendo la tensión desde dicho valor, deberán ser continuas (no deberán ocurrir aumentos o disminuciones súbitas), y deberán ser substancialmente iguales unas a otras.
   * Las tensiones de comienzo y de extinción de las DP de cada conector excederán  veces la tensión nominal del bushing.
6. En los bushings de alta tensión deberá realizarse la medida de tensión de radio interferencia (radio interference voltage, RIV), para lo cual deberá cumplirse con lo siguiente durante la prueba:
   * El bushing no deberá tener instalada ninguna pantalla electrostática en sus terminales superior o inferior; salvo indicación expresa.
   * El nivel de RIV, a una tensión de 1,1 veces la tensión nominal del bushing, debe ser inferior a 500 mV.

g) Adicionalmente a las pruebas de fábrica de bushings, se realizarán los protocolos de prueba a todos los Bushings de AT con las medidas de Tangente delta y Capacidad (pruebas C1 y C2).

### Cambiador de tomas bajo carga

El Proveedor deberá exigir a la fábrica del cambiador de tomas bajo carga la realización de todas las pruebas de recepción que indica la Norma IEC 60214-1. El Proveedor es responsable de proporcionar al Cliente los informes de pruebas correspondientes.

Además, durante las pruebas de recepción en fábrica del transformador, se deberá realizar las siguientes pruebas:

Con 100% de la tensión nominal de los circuitos auxiliares de c.a. y c.c. y operación local:

1. Ocho ciclos completos de operaciones estando el transformador desenergizado.
2. Un ciclo completo de operaciones estando el transformador energizado con tensión y frecuencia nominal y sin carga.
3. Diez ciclos de operación con ± 5 pasos a cada lado de la toma nominal, estando el transformador con un enrollado cortocircuitado con la corriente nominal.

Con 85% de la tensión nominal de los circuitos auxiliares de c.a. y c.c., y operación local, estando el transformador desenergizado, se realizará un ciclo completo de operaciones.

Con 100% de la tensión nominal de los circuitos auxiliares de c.a. y c.c. y operación manual (manivela), se realizará un ciclo completo de operaciones, estando el transformador desenergizado.

Con 100% de la tensión nominal de los circuitos auxiliares de c.a. y c.c., y con operación automática, se realizará un ciclo completo de operaciones estando el transformador desenergizado.

### Dispositivos y Circuitos Auxiliares y de Control

Pruebas y controles completos de operación de todos los dispositivos y circuitos auxiliares y verificación del alambrado general, de acuerdo a los planos de control ya debidamente revisados y aprobados.

Configuración, programación y revisión de la operación de los monitores de temperatura, analizador del aceite y regulador de voltaje.

Medida resistiva y calibración de los sensores de temperatura PT 100 en todo el rango de temperaturas considerado en la prueba de calentamiento.

Todos los circuitos de corrientes de medida 4-20 mA.

Todo el circuito de control, además de la buena operación de los dispositivos de protección y alarma del transformador y CTBC.

Se considerará realizar una prueba de tensión aplicada de 2 kV a frecuencia industrial, durante un minuto, en cada circuito, para comprobar el estado de la aislación de todos los componentes de control.

Al momento de realizar las pruebas de control, se debe considerar que todos los dispositivos deben estar instalados en forma definitiva, para lo cual el Proveedor deberá garantizar esta condición antes de comenzar las pruebas.

En Anexo C “Pruebas de Control” y sin que sea exhaustivo se indica un listado de pruebas.

### Calibraciones

Calibraciones de todos los instrumentos, monitores digitales, relés y accesorios.

Las calibraciones de cada una de las imágenes térmicas locales y remotas se realizarán con potencia nominal. La calibración de las imágenes térmicas se realizará a partir de los valores de temperatura que se hayan obtenido durante la prueba de calentamiento. Se determinará, para los comentarios del Inspector, el valor del hot-spot, con la diferencia de temperatura que deberá sumarse a la elevación de temperatura media del enrollado, para la calibración final de las imágenes térmicas. El valor del hot-spot de cualquiera de los enrollados debe ser determinado por las normas ANSI e IEC (ambas), y las imágenes térmicas se calibrarán con el mayor valor de hot-spot que se determine.

Ninguno de los valores de temperatura con que se calibren las imágenes térmicas deberá diferir en ± 1° C del valor que se obtuvo de la prueba de calentamiento en un determinado enrollado.

Deberá comprobarse en fábrica que la calibración de todas las imágenes térmicas locales y remotas ha sido realizada en forma correcta. El procedimiento a seguir deberá ser sometido a la aprobación.

### Transformadores de Corriente

Con los transformadores de corriente montados en el transformador de poder se realizarán las siguientes pruebas, de acuerdo a la Norma IEC 61869. Los protocolos de fabrica de los TTCC no serán válidos para estos efectos.

Se deben considerar al menos las siguientes pruebas a todos los Transformadores de corriente:

* Prueba de tensión alterna aplicada, 50 Hz, para los secundarios de los transformadores de corriente, con 2,5 kV durante un (1) minuto.
* Razón de transformación
* Resistencia de enrollado
* Polaridad
* Saturación
* Clase y Precisión

Se deberá entregar protocolos de las pruebas tipo y de rutina aplicadas a todos los TT/CC incluidos en el transformador. Deberá incluir además las curvas de excitación de los TT/CC.

### Aislación del Núcleo del Transformador

1. La aislación entre núcleo y tierra resistirá una tensión de prueba de 2,5kV de c.c. durante 1 minuto. Esta medida se realizará en dos ocasiones:
   * Medida del núcleo a masa soporte, previo a introducirlo al estanque.
   * Medida desde el exterior del transformador, completamente armado y lleno de aceite. La medida resultante no deberá ser inferior a 5 Giga-Ohm.
2. En caso de que cada sección del núcleo sea llevada en forma separada, a un mismo punto de tierra, adicionalmente a la medida de aislación entre núcleo y tierra indicada anteriormente, se deberá realizar la medida de resistencia de aislación entre las secciones.

### Aceite

1. Pruebas en muestras de aceite de impregnación en la fábrica del transformador de acuerdo a las normas ASTM correspondientes, encontrándose el aceite dentro del estanque del transformador en estado de reposo durante un período no inferior a 48 horas. Las pruebas a realizar son las que se indican a continuación: resistividad, acidez, factor de potencia, rigidez dieléctrica, contenido de agua, tensión interfacial y contenido de gas.
2. Adicionalmente a las pruebas de aceite en la fábrica del transformador deberá efectuarse la prueba del análisis cromatográfico para la determinación de los gases presentes en el aceite. Esta prueba deberá efectuarse a lo menos en las siguientes oportunidades:
   * Antes de las pruebas dieléctricas.
   * Después de las pruebas dieléctricas.
   * Antes de la prueba de elevación de temperatura.
   * Después de la prueba de elevación de temperatura.

### Inspección parte activa

Se deberá considerar la inspección de la parte activa del transformador de poder, por parte de un inspector.

Dentro de esta inspección se deberá considerar a lo menos los siguientes puntos:

* Inspección de la culata inferior antes de la colocación de los devanados.
* Inspección antes del montaje de la culata superior.
* Ensayo del aislamiento del núcleo.
* Medición de la relación de transformación en cada una de las posiciones.
* Inspección de parte activa completa antes del secado.
* Inspección de parte activa completa después del secado.

## Pruebas Eléctricas en el Transformador

El transformador deberá ser probado con sus propios bushings.

### Mediciones de Resistencia

Mediciones de resistencia a temperatura ambiente de todos los enrollados, en la conexión de tensión nominal y en cada una de las tomas.

En el enrollado con cambiador de tomas, la medida de resistencia se realizará dos veces en cada una de las tomas, realizando así un ciclo completo de operaciones del cambiador de tomas.

### Razón de Transformación

Prueba de razón de transformación, en todas las posiciones del cambiador de tomas.

### Polaridad

Verificación de polaridad y relación de fases en la conexión de tensión nominal.

### Capacidad y Factor de Potencia de la Aislación

Medida de capacidad y del factor de pérdidas de la aislación (tangente delta), entre los enrollados y el núcleo, antes y después de las pruebas dieléctricas.

### Pruebas de Excitación

1. Pérdidas de Excitación

Corrientes y pérdidas de excitación en las conexiones de tensión nominal con 50 Hz, a 95%, 100% y 105% de la tensión nominal, medida antes y después de las pruebas dieléctricas.

1. Curva de Sobreexcitación

Debe realizarse la prueba de sobreexcitación de acuerdo con la cláusula 6.3.1 de esta especificación.

### Impedancias y Pérdidas de Carga

Impedancia y pérdidas de carga, a corriente nominal y 50 Hz, en todas las tomas del CTBC.

### Impedancia de Secuencia Cero

Impedancia de secuencia cero, en la conexión de tensión nominal y tomas extremas del CTBC, Cuando Corresponda.

### Elevación de Temperatura

1. Prueba de elevación de temperatura, que comprenda la determinación de todas las elevaciones de temperatura especificadas, a todas las potencias estipuladas en la placa de características, a 50 Hz y en la posición de tomas que dé las pérdidas totales máximas. Adicionalmente a estas pruebas, deberán realizarse pruebas de elevación de temperatura adecuadas para verificar los requisitos de la paralización total o parcial del enfriamiento (ítem 6.4), regímenes subexcitados y sobreexcitados (ítem 6.3.1).
2. La prueba de calentamiento deberá realizarse con potencias nominales en regímenes KNAN y KNAF considerando un panel de radiadores fuera de servicio como cumplimiento a un criterio N-1.
3. De estas pruebas de calentamiento, debe obtenerse información para las calibraciones de los detectores de temperatura de enrollados y el consumo de potencia de los dispositivos auxiliares.
4. Debe tenerse presente que:

La temperatura del devanado corresponde a la elevación de la T° media de los enrollados.

La temperatura del Aceite corresponde al top oil.

La temperatura del punto más caliente, determinada como la suma simple del Top Oil más la elevación de la T° superior máxima del enrollado sobre el ambiente, corregido por el factor K, incluida la T° ambiente según IEC, se evalúa por el método del aceite medio.

### Resistencia de Aislación de los Enrollados

1. Curva de resistencia de aislación de cada enrollado en función de la temperatura superior del aceite del transformador.
2. Medidas de resistencia de aislación a temperatura ambiente, durante uno (1), cinco (5) y diez (10) minutos:

La medida de resistencia de aislación a temperatura ambiente, se realizará antes de iniciar y después de terminar las pruebas dieléctricas.

Esta prueba se efectuará con una tensión mínima de 1.000 Vcc estabilizado, con un instrumento que permita leer el valor medido en forma confiable, para lo cual deberá poseer escalas adecuadas.

### Secuencia de Pruebas Dieléctricas y Descargas Parciales

Las siguientes pruebas dieléctricas y descargas parciales serán realizadas según la secuencia indicada a continuación:

* Descargas parciales.
* Impulso atmosférico.
* Tensión transferida por ondas de impulso.
* Potencial aplicado.
* Potencial inducido y medidas de descargas parciales.
* Descargas parciales.

### Pruebas de Impulso

Se efectuarán pruebas con tensión de impulso atmosférico, en los terminales de todos los enrollados, con polaridad negativa y sin excitación. Se deberán tomar simultáneamente oscilogramas de corriente a tierra y de tensión

Será obligación de la fábrica poseer en su laboratorio un sistema de espinterómetros de diámetros adecuados, según norma, para realizar la calibración de los diferentes niveles de tensión de impulso atmosférico a aplicar, aunque posea voltímetro electrostático.

En adición a la prueba de tensión de impulso atmosférico, se deberá realizar una prueba para determinar la tensión transferida que se produce, entre enrollados, al aplicarse a cada uno de ellos tensiones de impulso atmosférico.

Los circuitos a usar para realizar estas pruebas deberán ser presentados al Cliente para su aprobación.

Se aplicarán, en cada terminal de alta tensión, ondas de impulso atmosférico, de niveles de 40% y 80% de la onda plena (100% = BIL del enrollado) registrándose los resultados en los terminales de media tensión. A continuación se invertirá el proceso, es decir, se aplicarán ondas de impulso atmosférico, de nivel 40% y 80% de la onda plena en los terminales media tensión y se registrarán los resultados en los terminales de alta tensión.

El resultado de estas pruebas deberá concordar con la memoria de cálculo que presente la fábrica en relación al tema de las tensiones transferidas.

Las pruebas de impulso en todos los terminales (incluyendo el neutro si corresponde) deberán efectuarse con un equipo apropiado, de tal manera que las configuraciones de los oscilogramas de tensión y corriente que resulten de la aplicación de ondas plenas y reducidas puedan superponerse entre sí, en forma perfecta, para la comparación de sus coordenadas amplitud-tiempo. Será de responsabilidad del Proveedor compensar los niveles de tensión aplicados mediante una adecuada combinación de atenuadores, a objeto de cumplir con este requisito.

En lo concreto, la prueba de impulso debe considerar:

Terminales de fase

a).- Una onda llena reducida ( 50 a 75% )

b).- Una onda llena plena ( 100% )

c).- Una onda cortada reducida ( 50 a 75% )

d).- Dos ondas cortadas plenas ( 110% )

e).- Dos ondas llenas plenas ( 100% )

Terminales del neutro

a).- Una onda llena reducida  ( 50 a 75% )

b).- Dos ondas llenas plenas ( 100% )

### Pruebas Dieléctricas de Baja Frecuencia

1. Pruebas de tensión aplicada, 50 Hz, durante 1 minuto.
2. Pruebas de tensión inducida, durante 1 minuto.

Ambas pruebas serán dentro de las 24 horas que siguen a la prueba de tensión de impulso atmosférico. Las medidas de D.P. se registrarán como se indica en el punto siguiente.

### Pruebas de Descargas Parciales (DP)

Las medidas de descargas parciales serán realizadas en la siguiente secuencia:

1. Antes de las pruebas de impulso, la curva de DP (pC) versus tensión en el enrollado (kV) será trazada midiendo los pC subiendo la tensión a: 90, 100, 110, 120 y 130 por ciento y disminuyendo de 130, 120, 110, 100 y 90 por ciento de la tensión nominal del enrollado.
2. El tiempo que durará la prueba, a un nivel de 130% de la tensión nominal del enrollado, será de 30 minutos.
3. Durante las pruebas de tensión inducida, dos valores de DP serán medidos, uno al iniciar y el otro al terminar el período de máxima tensión.
4. Después de los ensayos de tensión inducida, una curva pC versus kV será trazada midiendo los pC a: 90, 100, 110, 120, 130 por ciento durante 30 minutos, 140, 150 por ciento durante 1 minuto, después se disminuirá desde 150, 140, 130 por ciento durante 30 minutos, 120, 110, 100 y 90 por ciento de la tensión nominal del enrollado.
5. La aplicación de los ciclos de tensión arriba indicados se efectuará continuamente, aumentando y disminuyendo suavemente la tensión, permitiendo determinar claramente las tensiones de iniciación y de extinción de las DP.
6. Durante los períodos cuando la tensión es mantenida (por ej.: 130% durante 30 minutos, 150% durante 1 minuto y el período de máxima tensión durante la prueba de potencial inducido), el comportamiento de las DP será observado y los valores de las descargas parciales al principio y al final del período serán medidas.
7. Las mediciones de las DP estarán en conformidad con la norma IEC 60270.
8. Las mediciones de las DP se efectuarán con un instrumento de banda ancha, y si no es posible, podrá usarse un instrumento sintonizado entre 100 y 300 kHz.
9. Adicionalmente se usará un osciloscopio para distinguir entre los diferentes tipos de DP y la DP que va a medirse. La magnitud de la DP puede obtenerse del osciloscopio, previamente calibrado.
10. La prueba de DP se realizará acoplando el circuito de medida a la toma capacitiva del conector. El circuito de medida se calibrará usando un generador de DP.
11. Se deberán tomar todas las precauciones para asegurar un acoplamiento eficiente del enrollado en prueba al medidor, para obtener la máxima sensibilidad posible de la DP a medir y tener la menor atenuación posible en el circuito de acoplamiento.
12. La prueba de DP se considerará aceptable si:
    * Con 130% de la tensión nominal del enrollado no hay DP.
    * Las mediciones de DP, con la secuencia antes indicada, para tensiones crecientes y decrecientes, no muestran diferencias significativas.
    * Las mediciones de DP, con 150% de la tensión nominal del enrollado no son mayores que 200 pC.

## Prueba de Nivel de Ruido Audible

La prueba de nivel de ruido audible no excederá los valores indicados en la norma NEMA TR1-1993.

## Pruebas de Resistencia del Estanque y sus Accesorios, Filtraciones y Punto de Rocío

Las pruebas de sobrepresión y vacío deberán realizarse en el transformador completamente armado, incluyendo el equipo de preservación de aceite. La medida del punto de rocío podrá realizarse sin el equipo de preservación de aceite.

Todas estas pruebas deberán realizarse previamente a las pruebas eléctricas indicadas en la sección 7.3. En caso de no respetarse esta secuencia, será de responsabilidad del proveedor tener que repetir todas las pruebas dieléctricas, si el transformador falla durante alguna de las pruebas especificadas en los puntos siguientes:

1. Prueba de Sobrepresión del Estanque y Accesorios.

Prueba de sobrepresión a 0,7 kg/cm2 durante 24 horas, medida la presión en la cubierta del transformador lleno con aceite. Deberá estar incluido en esta prueba conservador y radiadores.

No deberá haber señal alguna de filtración ni de deformación permanente. Si ocurren filtraciones, la prueba deberá repetirse después de que todas las filtraciones hayan sido eliminadas. El proveedor deberá disponer de dispositivos adecuados para medir deformaciones en la cuba y accesorios (instrumentos digitales).

1. Prueba de Vacío del Estanque y Accesorios

Prueba de vacío a una presión absoluta no superior a 1 mm Hg, durante dos horas, con el transformador sin aceite. Dos horas después de la desconexión de la bomba de vacío, la presión no deberá haber subido en más de 1,5 mm Hg.

Se verificará, mediante el uso de comparadores u otros instrumentos adecuados, que el estanque no ha sufrido deformaciones permanentes.

1. Prueba de Determinación del Punto de Rocío

El transformador deberá estar sin aceite, con gas nitrógeno (aprox. 0,2 atm) durante 24 horas. Se medirá el punto de rocío (Dew Point) al iniciar y finalizar este período para determinar el contenido de agua en la aislación. El contenido de humedad, al término de 24 horas deberá ser menor o igual que 0,5% en peso de la aislación.

Será de responsabilidad del proveedor aprobar tanto el procedimiento para medir el punto de rocío en terreno, como el valor resultante. Si este último no cumple la especificación, es responsabilidad del proveedor llevarlo a valores de 0,5 o menos. Antes de eso no se podrá ni armar el equipo ni llenarlo de aceite.

## Prueba de Análisis de Respuesta de Frecuencia (Frequency Response Analysis (FRA))

El transformador deberá ser sometido a la prueba FRA previo a su retiro de la fábrica, con el transformador lleno de aceite, armado, con los accesorios y en presencia de la inspección, y posteriormente deberá ser repetida al llegar a terreno, una vez instalado el equipo en su lugar de montaje definitivo.

Las dos pruebas, en fábrica y en terreno, deben presentar respuestas de frecuencia iguales. Cualquier discrepancia se entenderá como desplazamiento de los enrollados o modificaciones en el núcleo, no aceptables.

# EMBALAJE

## Embalaje y Marcas de Embarque

El transformador deberá prepararse para el embarque en un embalaje adecuado para el transporte marítimo y terrestre. El estanque principal podrá embarcarse sin embalaje externo, pero deberá estar provisto de patines soportantes y protecciones metálicas, soldadas al punto, que cubran todos los elementos salientes tales como válvulas, flanches, cajas de control, etc. Los aisladores, equipos de enfriamiento, estanques auxiliares, instrumentos y accesorios externos se desmontarán del estanque y se embalarán en forma separada.

El tipo de embalaje y su identificación deberá ser sometido a aprobación antes del despacho desde la fábrica, y podrá ser rechazado en caso de no cumplir con las condiciones especificadas.

Las maderas naturales empleadas en el embalaje deben estar fumigadas y tener un timbre visible que garantice tal condición. Debe incluir el envío del certificado emitido en origen.

## Llenado con Nitrógeno, Pruebas de Estanquidad y Rocío

El transformador deberá despacharse de fábrica lleno con nitrógeno seco a sobrepresión. Cualquier modificación a esta cláusula deberá ser sometida a aprobación.

### Cilindros de Nitrógeno y su Control

El sistema de gas deberá incluir uno o más cilindros de nitrógeno conectados temporalmente al estanque, mediante válvulas adecuadas, para mantener la presión durante el transporte y suplir automáticamente fugas de gas; deberá incluir, manómetros y una válvula de seguridad. El equipo deberá estar rígidamente fijo al estanque y protegido de tal manera que los elementos delicados no puedan ser dañados.

### Prueba de Estanqueidad para Transporte

Prueba para asegurar la estanqueidad durante el transporte, estando el transformador lleno con nitrógeno a una presión de 0,2 bar y listo para el embarque. Después de un período no menor de 24 horas, no deberá haber filtraciones.

### Prueba de Punto de Rocío (Dew Point)

Estando el transformador lleno con nitrógeno, listo para embarque, se medirá el punto de rocío como indicado en la sección 7.5 y su valor se indicará en el informe de pruebas de recepción en fábrica.

## Registrador de Impactos

Se deberá proveer un registrador de impactos, el cual deberá registrar los impactos que se produzcan durante el transporte, en los tres ejes (x, y, z) del estanque del transformador. Este registrador deberá discriminar en su escala, como mínimo 0,1g y su escala total deberá ser mayor que ± 5g. Se deberán enviar los catálogos e instrucciones del instrumento que suministrará con una anticipación de un (1) mes previo al embarque de la unidad.

El registrador deberá estar fijo rígidamente al estanque y protegido de tal manera que durante el transporte no pueda ser dañado ni sustraído.

La devolución de este instrumento se realizará al representante en Chile del fabricante, una vez que se haya analizado su registro y considere que no hay problemas pendientes.

# PLANOS Y DOCUMENTOS TÉCNICOS

Se deberán suministrar los planos y memorias de cálculo que se detallan a continuación, para la aprobación.

Estos documentos: planos, memorias de cálculo, informes de pruebas, libros de instrucciones de transporte, montaje, puesta en servicio y mantención, deberán ser presentados en archivos magnéticos (formato pdf).

Para el efecto de la entrega de la información y otros hitos del suministro, se deberá presentar un programa detallado de todas las actividades de la adquisición del transformador de poder.

En los planos que corresponda se deberá indicar: cantidad de pernos, calidad del acero, torque, soldadura, área, calidad.

## Planos para aprobación

### Planos Generales

1. Plano General (Outline)

Plano general de dimensiones, pesos y detalles del transformador, el cual deberá considerar las siguientes características:

Deberá incluir las cinco vistas principales del transformador completamente armado, mostrando los terminales de alta tensión, media tensión y neutro. En caso de que las 5 vistas no muestren detalles importantes del transformador, se deberán mostrar éstos en vistas adicionales.

Las cinco vistas exteriores del transformador, completamente armado, corresponderán a las 4 vistas de los 4 costados del transformador y 1 vista de la planta (tapa), en un plano de 1 ó 2 láminas. Una de las láminas deberá incluir una lista de detalles de todos los elementos y accesorios que van adosados al transformador.

Cada vista, con dimensiones en milímetros, deberá mostrar todos los instrumentos, accesorios y elementos que van instalados en el frente que se representa del transformador completamente armado, de modo que sea posible verificar que se han incluido todos los elementos establecidos en el Contrato, y que se encuentran en la ubicación apropiada.

La lista de detalles antes mencionada, deberá incluir el siguiente desglose:

* N° ítem.
* Identificación del ítem.
* Cantidad.
* Planos de referencia, fabricante, material, etc.

Toda esta información deberá indicarse en un tamaño y grosor de letras tal que permita realizar la reducción del plano, para incluirlo en el Libro de Instrucciones, sin perder dicha información.

La escala de este plano no deberá reducir las dimensiones del transformador más allá de 1:25.

1. Plano de la Base del Transformador

Planos de detalle de la base del transformador, y del anclaje antisísmico completo.

Deben indicarse los esfuerzos sobre la obra civil y los recesos o elementos metálicos necesarios en primer hormigón, para los anclajes del transformador.

1. Plano de Enrollados y Aislación

Plano descriptivo y de disposición de los enrollados y su aislación.

En este plano se deberán indicar los diagramas esquemáticos de los enrollados principales y diagrama esquemático de los enrollados de regulación y su conexión hacia el cambiador de tomas bajo carga.

1. Planos de Sujeción Núcleo-Enrollado al Estanque

Planos que muestren los métodos y elementos de sujeción, fijación y soporte del conjunto núcleo-enrollado al estanque y/o a la tapa.

Deberán incluirse vistas de la conexión de puesta a tierra entre las diferentes secciones que conforman el núcleo y el yugo, y entre el yugo y el estanque del transformador.

1. Planos de Instrumentos, Accesorios y Puesta a Tierra

Plano de cada instrumento, accesorios y de la puesta a tierra.

1. Planos de Bushings

Planos de dimensiones y vistas en corte longitudinal y transversal de los bushings, incluyendo detalles de los terminales de las tomas capacitivas. Además, un claro esquema eléctrico de las capacidades involucradas.

Para los bushings de alta y media tensión, un plano del aislador de porcelana o polimérico, indicando todas sus dimensiones, peso, frecuencia propia y factor de amortiguación.

En caso de provisión de resortes para sellar contra el flange las porcelanas externa e interna, se deberá indicar en el plano el valor de la fuerza del resorte.

Plano que muestre el método de izado de los bushings (en caso que se requiera algún dispositivo especial para este fin, éste deberá ser indicado y ser parte del suministro).

1. Planos de Conexión de Bushings

Planos que muestren las conexiones de los terminales de los enrollados a los bushings AT y BT, con sus dimensiones.

1. Plano de Alturas de Izado

Plano con las dimensiones para colocar y retirar la parte activa del estanque y para el izado del transformador completo, con sus estrobos formando un ángulo máximo de 15° con la vertical.

1. Plano de radiadores y soportes

Detalles del radiador, del panel de radiador con sus colectores y del conjunto de paneles de radiadores con sus soportes superiores e inferiores.

1. Planos del Estanque

Plano del estanque del transformador, con vistas de la tapa, fondo y costados exteriores e interiores, indicando ubicación de las diferentes pantallas magnéticas.

Plano de todas las aberturas (escotillas) que tiene el estanque del transformador y su identificación.

1. Planos del Conservador, Soporte y Respiradero Secador

Plano del estanque de expansión y su soporte con sus dimensiones interiores y rango de volumen máximo y mínimo que permite el diafragma del conservador principal.

Además, plano con las dimensiones interiores del estanque de expansión del cambiador de tomas bajo carga.

Plano del respiradero secador para el conservador principal y el conservador del cambiador de tomas bajo carga.

1. Planos del Flujo de Aceite y Equipo Accesorio

Plano de cada uno de los diferentes tipos de válvulas que se incluyen en el transformador.

Diagrama de flujo de aceite y de ubicación de válvulas.

1. Planos Eléctricos de Control, Fuerza y Accesorios

Planos generales eléctricos de control, fuerza y accesorios, presentados en planos unilineales, elementales y de alambrado, de los transformadores de corriente y de todos los instrumentos y controles, así como también los planos del CTBC y sus conexiones en el tablero general.

Se deberá proporcionar planos de cada una de los diferentes gabinetes que se incluyen en el transformador, que muestren la disposición interior de cada uno de sus accesorios como: contactores, regletas de terminales, interruptores, relés, lámparas, entradas de ductos, fijaciones de cada armario, sistema de puesta a tierra de cada armario, etc. A lo menos, cada plano deberá incluir una vista exterior de frente y otra lateral, una vista interior de frente y otra lateral y una vista de planta inferior mostrando entrada de ductos (total cinco vistas).

1. Plano de Transporte

Este plano deberá contener la siguiente información:

Dimensiones y peso del elemento más grande del transformador y acondicionamiento para el transporte.

Todas las indicaciones que se pintarán sobre el estanque para el transporte. Se debe incluir un esquema de izamiento y estrobado.

Diagrama del equipo de control automático de presión de nitrógeno en el estanque, durante el transporte, según párrafo 8.2 de esta especificación.

Plano e información técnica del registrador de impactos, según cláusula 8.3 de esta especificación.

1. Planos del sistema de anclaje

Se deberán entregar planos que detallen el sistema de anclaje que empleará el transformador

1. Planos de Placas de Características

Se deberán proporcionar los planos de cada una de las placas de características solicitadas en el párrafo 6.7.6.5 de esta especificación.

1. Plano de Empaquetaduras

Plano o listado de todas las empaquetaduras, con indicación de material, características de dureza y porcentaje permitido de deformación.

### Planos de Equipamiento Especial

Plano con el montaje y la disposición de los ventiladores y sus motores.

### Planos del cambiador de tomas bajo carga

1. Planos con la disposición, montaje y acceso al cambiador de tomas en el estanque del transformador y a todos los componentes.
2. Planos y descripciones del equipo regulador de tensión, relés, instrumentos, y de todo equipo auxiliar.
3. Curva de operación y ajuste del relé regulador de tensión.
4. Diagrama de alambrado del mecanismo de accionamiento y de sus componentes.
5. Diagrama de conexiones eléctricas entre el transformador y el equipo regulador de tensión, y el diagrama de alambrado correspondiente.
6. Planos de diseño e instalación del panel de mando para el equipo de control automático remoto.

## Memorias de Cálculo para Aprobación

### Generalidades

Las memorias de cálculo que se solicitan a continuación deberán ser sometidas a aprobación y cumplir los siguientes requerimientos generales:

1. Deberán ser detalladas, de modo que sea posible seguir su desarrollo con facilidad.
2. En caso del uso de expresiones de cálculo poco usuales, se deberá hacer referencia a la bibliografía de donde se obtuvieron.
3. En caso de presentar memorias de cálculo con resultados obtenidos por computación, se deberá acompañar a dichos resultados todo el planteamiento del problema, paso a paso, indicando las expresiones de cálculo, valores de las constantes, etc., de modo que se pueda verificar con facilidad.

### Memorias de Cálculo Mecánicas

Las memorias indicadas serán entregadas al Cliente en un plazo fijado en conjunto en reunión de inicio y de trabajo contados desde la fecha de la Orden de Proceder.

Estas memorias deberán considerar las solicitaciones normales, sísmicas, de transporte y montaje, en los siguientes componentes del transformador:

1. Radiadores según ítem 6.3.2 de esta Especificación.
2. Soporte de radiadores según ítem 6.3.2 de esta Especificación.
3. Soportes del conservador de aceite según ítem 6.3.2 de esta Especificación.
4. Fijación de la parte activa al estanque según ítem 6.3.2 de esta Especificación.
5. Elementos de anclaje según ítem 6.3.2 de esta Especificación.
6. Cajas con bushings y transformadores de corriente incluidos según ítem 6.3.2 de esta Especificación.
7. Cáncamos para izar la tapa del estanque y el conjunto núcleo enrollado, según ítem 6.7.5 de esta Especificación.
8. Cáncamos u orejas y los correspondientes estrobos para izar el transformador, según ítem 6.7.5 de esta Especificación.
9. Placas para gatos según ítem 6.7.5 de esta Especificación.
10. Argollas de arrastre según ítem 6.7.5 de esta Especificación.
11. Solicitaciones por vacío y sobrepresión en el estanque, radiadores y conservador.
12. Bushings de cada tipo.

### Memorias de Cálculo de Solicitaciones Eléctricas

Estas memorias deberán ser entregadas al Cliente en plazo pactado en reunión de trabajo desde la fecha de la Orden de Proceder y deberán considerar la determinación de los siguientes valores:

1. Corriente de magnetización (50 Hz) hasta un nivel de 1,2 veces la tensión nominal del transformador según se menciona en el ítem 6.3.1 de esta Especificación.
2. Sobretensiones máximas de origen atmosférico y de maniobra a que estarán sometidos los diferentes terminales del transformador y sus correspondientes enrollados.
3. Sobretensiones máximas que se originen entre terminales y enrollados del transformador y entre éstos y tierra debido a la transferencia capacitiva e inductiva de sobretensiones de origen atmosférico según ítem 6.3.1 de esta Especificación.
4. Curva de sobrecarga sin pérdida de vida útil (% de sobrecarga v/s Tiempo) indicando la temperatura ambiente consideradas con precarga nominal ONAF. La documentación debe indicar el límite de sobrecarga de corta duración (periodo igual a 15 minutos) suponiendo precarga nominal y T° ambiente de 30°.
5. Sobrecarga admisible para los distintos niveles de tensión y refrigeración.

### Memorias de Cálculo Especiales

Esta memoria deberá ser entregada un plazo fijado en conjunto en reunión de inicio y de trabajo, e incluirá los siguientes cálculos:

1. Altura de llenado de los conservadores, de acuerdo con la temperatura ambiente y con la determinación de la correspondiente curva de llenado (altura del conservador versus temperatura ambiente), según ítem 6.5.2 de esta Especificación.
2. Estabilidad del transformador completamente armado, de acuerdo con el ítem 6.3.2.3 de esta Especificación.
3. Calibración de las imágenes térmicas locales y remotas según ítem 7.2.5 de esta Especificación.

## Planos y Libro de Instrucciones Aprobados

El Proveedor deberá suministrar:

* Los planos originales mencionados en el ítem 9.1, tal como hayan sido aprobados.
* Libro de Instrucciones de acuerdo con lo solicitado en el ítem 9 de esta Especificación.

El Libro de Instrucciones deberá ser sometido a aprobación. En consecuencia, en plazo pactado en reunión de trabajo antes de la fecha estimada de embarque de la unidad, el Proveedor deberá proporcionar una (1) copia en formato digital de este Libro, para su revisión y aprobación correspondiente.

## CONDICIONES GENERALES

Las condiciones ambientales que deberán cumplirse, son las especificadas en la siguiente tabla.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **1.0** | **CONDICIONES GENERALES** |  |
| 1.1 | Requerimientos de Calidad | ISO 9001 |
| 1.2 | Idioma de la documentación | Español |

## Informes de Pruebas

El Proveedor deberá suministrar, previo a la fecha de embarque de las unidades, dos (2) copias impresas y tres (3) en formato digital, del informe completo de recepción en fábrica, el que deberá cubrir el transformador y los correspondientes equipos auxiliares, accesorios e instrumentos.

## Informacion cdec-sic

Por requerimientos del COORDINADOR ELÉCTRICO NACIONAL, se exige la generación de toda la documentación técnica necesaria para cumplir con el proceso de interconexión, de acuerdo a formatos y procedimientos vigentes.

## Fotografías

Se suministrarán fotografías del transformador, las que se incluirán en el Libro de Instrucciones, de acuerdo con lo siguiente:

* Núcleo armado del transformador, con el sistema de soporte inferior de los enrollados, en no menos de cuatro vistas.
* Enrollados del transformador, previo a montarse en el núcleo, con no menos de dos fotografías por enrollado.
* Enrollados montados en el núcleo (cinco vistas), con su sistema de sujeción superior (dos vistas), CTBC (dos vistas), puesta a tierra (dos vistas fotográficas).
* Transformador completamente armado, en no menos de cinco vistas fotográficas.
* Previo al despacho, el proveedor deberá enviar en digital fotos de placa características principal, placa de CTBC, placas de pararrayos, placas de TTCC, y de todos los accesorios del transformador.

# LIBRO DE INSTRUCCIONES

El Proveedor deberá suministrar dos (2) copias impresas y tres (3) copias en formato digital, del Libro de Instrucciones para el transporte, almacenaje, montaje, puesta en servicio, operación, mantenimiento y reparación del transformador. Este Libro de Instrucciones deberá incluir los antecedentes que a continuación se detallan:

## Índice y Características del Transformador

Debe indicarse un índice, en forma detallada, de cada uno de los temas, catálogos, planos, fotografías, etc. que se incluyen en el libro.

Debe indicarse en forma breve, pero completa, las principales características eléctricas del transformador, como bushings, construcción del núcleo, enrollado, estanque y las características de otros elementos de importancia.

## Transporte y manejo

Deben considerarse en este capítulo los siguientes antecedentes:

* Planos de transporte, según ítem 10.2 de esta especificación.
* Planos del equipo de regulación de la presión de nitrógeno, según párrafo 8.2 de esta especificación.
* Todas las observaciones que sean necesarias sobre:
  + Izamiento con grúa del transformador.
  + Elevación mediante gatos.
  + Arrastre del transformador con el sistema que se haya considerado.
* Información sobre el registrador de impacto y recomendaciones con relación a su control.
* Instrucción para medida del punto de rocío (dew point), al llegar el transformador a su destino. El valor que se mida deberá compararse con el valor medido según el ítem 8.2 de esta especificación.
* Listado de embarque (packing list), donde se indique claramente la cantidad de bultos que forman parte del embarque y el correspondiente detalle de cada uno.

## Almacenamiento

Debe considerarse como mínimo lo siguiente:

* Instrucciones para el almacenamiento del transformador con sobrepresión de nitrógeno indicándose entre otras cosas, el tiempo máximo de almacenaje permitido, contado a partir de la fecha de salida desde la fábrica, y las instrucciones para el almacenamiento del estanque y del resto de los accesorios.
* Instrucciones para el almacenamiento del transformador, lleno con aceite, con indicación del tiempo máximo permitido de almacenamiento, con conservador, sin conservador y colchón de gas inerte, precauciones para el almacenamiento en esta condición, pruebas a realizar al transformador y al aceite, antes y después del período de almacenamiento.
* Instrucciones para el almacenamiento de todos los cajones con accesorios, dependiendo de su naturaleza.
* En general, estas instrucciones deberán considerar si el equipo estará almacenado por un largo o corto tiempo.

## Montaje

Instrucciones para cuando el transformador esté ubicado sobre su base de anclaje, previo al montaje, indicando entre otras cosas: inspección visual externa del transformador para determinar si hubieran daños visibles durante el transporte, antecedentes para realizar las pruebas FRA en terreno, indicación de la presión del gas, daños materiales, mermas, indicaciones del registrador de impactos y contenido de agua en la aislación (dew point).

Instrucciones para el montaje del transformador completo indicando, entre otras cosas, lo siguiente:

1. El programa detallado secuencial del montaje del transformador, en que se indique detalladamente cada una de las faenas de instalación a realizar, considerando todos los elementos que se montarán en el transformador y los hombres-días y personal involucrados.
2. Diagrama de flujo detallado del programa antes mencionado.
3. Todos los elementos montados internamente, en el transformador, sólo para su transporte.
4. Tabla o gráfico en que se indiquen las condiciones internas de humedad relativa y temperatura y el tiempo permitido para trabajar dentro del estanque del transformador.
5. Precauciones sobre el tratamiento del aceite y todos los controles, previos y posteriores, al llenado con aceite del transformador.
6. Características de las empaquetaduras suministradas y precauciones durante su reemplazo.
7. Características de los adhesivos a emplear en las empaquetaduras.
8. Todos los planos necesarios para realizar el montaje.
9. Catálogos de todos los interruptores automáticos, contactores y relés auxiliares que existan en la caja de control del transformador. Esta información deberá corresponder exactamente al equipo suministrado.
10. Catálogos de cada tipo de instrumento que se suministra. Esta información deberá corresponder exactamente al equipo suministrado.
11. Catálogo correspondiente al conservador, tipo de diafragma y las precauciones que deberán tenerse para el montaje y su posterior llenado con aceite.
12. Detallar las pruebas o mediciones a realizar durante el montaje.

## Puesta en Servicio

Deberán indicarse todas aquellas pruebas que sea necesario efectuar durante la puesta en servicio.

## Mantenimiento (y reparación)

Deberá incluirse, dentro de este capítulo, lo siguiente:

* Mantenimiento e inspección de tipo periódico. Deberá indicarse un programa en el tiempo, indicando los ítemes a inspeccionar y qué tipo de control o mantenimiento deberá efectuarse.
* Tabla o diagrama, en que se indique diferentes situaciones anormales que se puedan presentar durante el funcionamiento del transformador (Troubleshooting), indicando para cada una, las posibles causas de las anormalidades. Además, instrucciones para solucionar la situación anormal que se presente, indicando que pruebas se recomienda realizar u otras medidas a considerar, con sus respectivas instrucciones.
* Deberán incluirse gráficos o tablas con valores de referencia que permitan determinar el estado en que se encuentra el transformador:
  + Resistencia de aislación, en función de la temperatura del aceite del transformador y del BIL del enrollado.
  + Tangente delta (%) en función de la temperatura del aceite del transformador.
  + Aceite aislante, en lo que se refiere a sus principales características.
* Control del estado de pinturas y su mantenimiento.
* Control y mantenimiento de respiraderos secantes.

## Planos y Fotografías

Cada copia del Libro de Instrucciones deberá incluir un juego completo de planos aprobados. Estos podrán ser reducidos de su tamaño original, pero a condición que permanezcan legibles las notas u observaciones que sobre éstos se indican.

El juego de planos deberá venir precedido de un índice numerado secuencialmente de todos los planos que se incluyen, donde se indique el nombre y el número del plano que le da la fábrica. Además, se deberá indicar junto a cada plano, cuando corresponda, una lista de los planos afines con que está relacionado.

Copias del plano de la placa de características del transformador completa, es decir, con los valores de impedancias medidos durante las pruebas de recepción.

Deben incluirse las fotografías solicitadas en el párrafo 9.5 de esta especificación.

# AUDITORÍAS TÉCNICAS

# Generalidades

La siguiente sección tiene por objeto establecer en forma general los requerimientos mínimos que solicita el Coordinador Eléctrico Nacional (CEN) para la aprobación del equipamiento primario que será empleado en la construcción de los proyectos asociados al Plan de Expansión correspondiente, ya sean Obras Nuevas o de Ampliación del Sistema de Transmisión Nacional y/o Zonal según se defina en el correspondiente Decreto.

Dichos requerimientos son de carácter obligatorio y constituyen hitos multables para el CLIENTE, en consecuencia, dicha obligatoriedad se hace extensiva al OFERENTE del equipamiento primario.

Sin ser exhaustivo, la presente sección aborda principalmente la etapa de auditoría técnica que desarrolla el CEN al equipamiento primario, y describe el tipo de información técnica que se requiere, así como la forma y plazos para dar cumplimiento a los requisitos que establece el ente regulador y que serán exigidos al OFERENTE como parte integra del proceso de compra.

# Contexto

Para cada obra adjudicada, el CEN contratará oportunamente una Auditoría Técnica que acompañará el desarrollo de la Obra durante la etapa de Ejecución y 12 meses posterior a la Entrada en Operación. La Auditoría Técnica tiene por objetivo realizar el seguimiento y monitoreo del cumplimiento de plazos, hitos y características técnicas establecidas en las Bases de Licitación y la Oferta Técnica para la ejecución de la Obra.

Esta Auditoría Técnica incluye la verificación del cumplimiento de los hitos relevantes de la Obra, así como también de las características técnicas, a las cuales se comprometió el Adjudicatario en su Oferta Técnica, de acuerdo con las correspondientes Bases.

El CEN podrá definir informes, memorias de cálculo, y protocolos adicionales a los definidos en las bases, que estime necesarios para la correcta supervisión de la ejecución de la obra, verificación del cumplimiento de hitos, entre otros, los cuales serán solicitados por la Auditoría al Adjudicatario de cada Obra, el cual deberá responder en el tiempo y forma que el Coordinador establezca. En caso de que dichos adicionales involucren el suministro de equipos primarios, el Oferente deberá considerarse corresponsable con el Adjudicatario para cumplir con el requerimiento del regulador.

# Plazos para el oferente

Dada la variabilidad que se puede presentar entre el ciclo de compra de los equipos primarios, el oferente debe considerar dentro de su oferta la posibilidad de que sea requerido su apoyo para complementar o aclarar la documentación técnica una vez finalizado el ciclo de compra. **Para ello debe considerar un periodo de disponibilidad mínimo de 6 meses concluido el proceso de compra.**

**El plazo de respuesta para las solicitudes del adjudicatario será de 10 días hábiles**

# Documentación solicitada

A continuación, se describe en forma general el alcance que debe considerar el oferente.

### Hoja de características técnicas garantizadas (HCTG)

Si bien en la etapa de la oferta y adjudicación se emite por parte del oferente una HCTG, se debe considerar la posibilidad de actualizaciones debido a cambios que puedan ocurrir durante el proceso de fabricación. En ese sentido, se detallan los puntos a tener en consideración.

* Deberán incluir nombre y firma.
* En la etapa final de la entrega del suministro, se deberá verificar que la información contenida sea exactamente la que corresponde a este, en concordancia con los planos y manuales finales.

En caso de haber cambios durante el proceso de fabricación que afecte cualquier campo de la HCTG posterior a su entrega en la oferta, está deberá ser actualizada según corresponda.

* Todos los campos solicitados deben ser llenados.
* Para el caso de los campos que quedan “Por fabricante”, deberán ser completados con datos específicos del equipo y no genéricos.
* En caso de que alguno de los campos no aplique según el equipo y norma de fabricación, se deberá incluir una breve justificación en el campo correspondiente haciendo alusión a la norma y/o característica del equipo que haga el campo no aplicable.
* Se hace hincapié que, para el caso de la calificación sísmica, además de dar conformidad a lo solicitado en el campo, debe quedar explícito la normativa que se utilizará; ETG-1.020 (Endesa) o IEEE Std. 693-2005 (“High Seismic Level” con “Projected performance” factor mayor o igual a 2,0.).
* Se deberán considerar las exigencias indicadas en el documento del CIGRÉ “Recomendación de requisitos sísmicos para instalaciones eléctricas de alta tensión actualizado a marzo 2020”.

### Pruebas tipo de equipos primarios

* Se deberá entregar un listado completo y detallado de las pruebas tipo acorde a la normativa IEC correspondiente. En listado se debe indicar la cláusula asociada.
* Se deberán entregar los informes de las pruebas tipo de todos los equipos primarios.
* Durante el proceso de auditoría podrán existir por parte del auditor solicitudes de aclaración y/o complementos a las pruebas tipo, se debe tener dentro del alcance del oferente el dar respuesta a estas solicitudes.
* Se entiende que este tipo de pruebas son de diseño, por lo que se espera su entrega en las etapas iniciales del proceso de compra del suministro.

### Pruebas FAT

Se deberá entregar un listado completo y detallado de las pruebas tipo acorde a la

* Se deberá entregar un listado completo y detallado de las pruebas FAT acorde a la normativa IEC correspondiente. En listado se debe indicar la cláusula asociada.
* Se deberán entregar los informes de las pruebas FAT de todos los equipos primarios firmadas y aprobadas.
* Durante el proceso de auditoría podrán existir por parte del auditor solicitudes de aclaración y/o complementos a las pruebas FAT, se debe tener dentro del alcance del oferente el dar respuesta a estas solicitudes.

### Calificación sísmica

Tal como se indica en las respectivas especificaciones y hojas de datos, los equipos, transformadores de poder e instalaciones de la subestación deberán diseñarse teniendo en cuenta las siguientes exigencias:

* + NTSyCS – Anexo Técnico “Exigencias Mínimas de Diseño de Instalaciones de Transmisión (2025)
  + Anexo Técnico, Requisitos Sísmicos para Instalaciones Eléctricas de Alta Tensión, aprobado según Resolución Exenta 41 del 24 de enero de 2025.
* ETG-1.020 (Endesa) o IEEE Std. 693-2005 (“High Seismic Level” con “Projected performance” factor mayor o igual a 2,0.).
* CIGRÉ “Recomendación de requisitos sísmicos para instalaciones eléctricas de alta tensión actualizado a marzo 2020”.
* CIGRÉ “Lecciones y recomendaciones para el sector eléctrico derivadas del terremoto del 27 febrero de 2010 en Chile”.

Para efectos de auditoría técnica se destaca lo siguiente:

* Se requiere el envío de una memoria de cálculo sísmico del equipo, la que debe ser elaborada por un revisor sísmico chileno y certificado en la especialidad sísmica. El análisis sísmico debe verificar el fiel cumplimiento de la normativa utilizada, de las exigencias del CIGRÉ que regula este aspecto y de las bases técnicas estipuladas para el proyecto. Asimismo, si en el proceso de validación sísmica se requiere información adicional por parte del adjudicatario, el proveedor deberá aportar dicha información en plazo breve y con la completitud adecuada.
* Se deberá entregar un Dossier de calificación sísmica para cada equipo ~~(~~Memorias, Reportes, Certificados, Planos, Ensayos, etc.) firmados y aprobados.

A continuación, se resumen las exigencias sísmicas a considerar dependiendo del tipo de equipo:



# INFOTÉCNICA

Por requerimientos del ente regulador, se exige el llenado de la información solicitada en formato de Fichas Técnicas por cada equipo, de acuerdo con el formato y unidades de medida solicitas.

El oferente deberá considerar dentro de su alcance el llenado de dichas fichas en lo que corresponda estrictamente a la información técnica del equipo.

Índice de Anexos:

item 1: Transformador Trifásico 66/24 kV 12-16 MVA Anexo a3 HCTG 12-16MVA

item 2:FICHA TÉCNICA TRANSFORMADOR CEN Anexo B

item 3:pruebas de control Anexo c