

Cliente	ENGIE
----------------	-------

Proyecto	NUEVO REACTOR DE LÍNEA 1X220 kV NUEVA POZO ALMONTE- RONCACHO, EN S/E RONCACHO
-----------------	--

Nº Documento	ENG-OA-RON-SE-EL-ET-022
---------------------	-------------------------

Nº Documento Cliente	ENG-OA-RON-SE-EL-ET-022
-----------------------------	-------------------------

Fase	Ingeniería Conceptual
-------------	-----------------------

Título	Especificación Técnica Reactor Trifásico 220 kV
---------------	---

Fecha	Revisión	Número de Hojas
16/01/2025	B	34
06/02/2025	0	

IEB	Nombre	Firma	Fecha
Preparó	J.M.J.		16/01/2025
Revisó	E.J.C.		16/01/2025
Aprobó	J.I.D.		16/01/2025
Cliente			
Revisó			
Aprobó			

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN.....	3
2	OBJETO Y ALCANCES.....	3
2.1	DESVIACIONES.....	3
3	NORMAS Y CÓDIGOS.....	3
4	REFERENCIAS INTERNAS	6
5	CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO, FUNCIONALES Y CONSTRUCTIVAS	7
5.1	CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES	7
5.2	CARACTERÍSTICAS DE LA RED.....	7
5.3	DISEÑO SÍSMICO	8
5.4	CARACTERÍSTICAS PARTICULARES	8
5.4.1	Tipo	9
5.4.2	Dimensiones y sistema de conexión.....	9
5.4.3	LÍMITES DE AUMENTO DE TEMPERATURA	9
5.4.4	Cálculo de expectativa de vida	10
5.4.5	Cálculo de cargabilidad de los reactores.....	10
5.4.6	Núcleos.....	11
5.4.7	Devanados.....	12
5.4.8	Tanques.....	13
5.4.9	Sistema de enfriamiento.....	19
5.4.10	Bujes.....	20
5.4.11	TRANSFORMADORES DE CORRIENTE DE BUJE (BCT)	21
5.4.12	ACCESORIOS DE PROTECCIÓN Y CONTROL.....	22
5.4.13	EMPAQUES	28
5.4.14	CAMBIADOR DE TOMAS.....	29
5.4.15	Monitoreo en línea de gases disueltos en el aceite.....	30
6	PRUEBAS Y ENSAYOS	31
7	REQUISITOS PARA EVITAR LA CORROSIÓN	31
8	INFORMACIÓN A ENTREGAR POR EL FABRICANTE.....	31
8.1	DOCUMENTACIÓN TÉCNICA	31
8.2	DOCUMENTACIÓN TÉCNICA QUE DEBE FACILITAR EL FABRICANTE DESPUÉS DE LAS PRUEBAS EN FÁBRICA:.....	33
9	REQUERIMIENTOS DE CALIDAD	33
10	AUTORIZACIÓN DE EXPEDICIÓN.....	34

1 INTRODUCCIÓN

El proyecto “Nuevo Reactor de Línea 1x220 kV Nueva Pozo Almonte-Roncacho, en S/E Roncacho” consiste en la ingeniería de licitación para la instalación del reactor de línea en la S/E Roncacho para la línea 1x220 kV Nueva Pozo Almonte – Roncacho, con la finalidad de permitir la energización y conexión de dicha línea al sistema.

Actualmente la subestación Roncacho cuenta con un patio de 220 kV en configuración interruptor y medio con equipos AIS y se conecta al Sistema Eléctrico Nacional mediante las líneas 1x220 kV Nueva Pozo Almonte – Roncacho y 1x220 kV Parinacota – Roncacho.

2 OBJETO Y ALCANCES

La siguiente especificación técnica tiene por alcance establecer todos los aspectos relacionados con el reactor de 25 MVAr desde su diseño hasta su puesta en servicio en el sistema eléctrico. Esta especificación considera el diseño, fabricación, pruebas en fábrica y transporte de los equipos.

Cualquier conflicto o inconsistencia entre estas especificaciones técnicas y otros documentos, deberán ser comunicadas al propietario para su resolución y consideración.

El alcance de este documento incluye, pero no se limita a los siguientes aspectos:

- Características técnicas y eléctricas del equipo
- Requisitos de diseño y construcción, incluyendo materiales, aislamientos, métodos de refrigeración y características mecánicas para asegurar una operación segura y confiable.
- Normas y regulaciones aplicables para el diseño y fabricación del reactor de línea trifásico, garantizando su cumplimiento con la normativa vigente.
- Procedimientos y criterios de pruebas y ensayos, tanto en fábrica como en campo, para verificar el cumplimiento de las especificaciones técnicas y asegurar su correcto funcionamiento.
- Documentación técnica requerida, incluyendo manuales de usuario, planos y diagramas eléctricos.

2.1 DESVIACIONES

Las desviaciones a estas especificaciones, si las hubiere, deberán ser claramente indicadas y justificadas, sin embargo, la aceptación de éstas por el comprador, no libera al Proveedor de ninguna responsabilidad ante el adecuado funcionamiento de los equipos.

Si nada se indica, se dará por entendido un completo acuerdo con esta especificación, sobre cuyas bases se exigirá un total cumplimiento.

3 NORMAS Y CÓDIGOS

Todos los aspectos que estas especificaciones no consultan expresamente y que tengan relación directa con las obras por realizar, serán ejecutados de acuerdo a las normas en su última edición y procedimientos más modernos que se aplican en esta área y que a su vez garanticen una racional y eficaz utilización de las instalaciones.

A continuación, son señaladas las principales cláusulas y normas que se pueden utilizar para la elaboración del suministro:

- IEC 60060: High - voltage test techniques, Partes 1 y 2.
- IEC 60076-1: Power transformers - Part 1: General.
- IEC 60076-2: Power transformers - Part 2: Temperature rise for liquid-immersed transformers.
- IEC 60076-3: Power transformers - Part 3: Insulation levels, dielectric tests and external clearances in air.
- IEC 60076-4: Power transformers - Part 4: Guide to the lightning impulse and switching impulse testing - Power transformers and reactors.
- IEC 60076-5: Power transformers - Part 5: Ability to withstand short circuit.
- IEC 60076-6: Power transformers - Part 6: Reactors.
- IEC 60076-8: Power transformers - Part 8: Application guide.
- IEC 60076-10: Power transformers - Part 10: Determination of sound levels.
- IEC 60137: Insulating bushings for alternating voltages above 1000 V.
- IEC 60270: High voltage test techniques - Partial discharge measurement.
- IEC 60529: Degrees of protection provided by enclosures (IP Code).
- IEC 60422: Mineral insulating oils in electrical equipment – Supervision and maintenance guidance.
- IEC 60970: Insulating liquids – Methods for counting and sizing particles.
- IEC 61181: Mineral oil-filled electrical equipment – Application of dissolved gas analysis (DGA) to factory tests on electrical equipment.
- IEC/TS 60815-1: Selection and dimensioning of high-voltage insulators intended for use in polluted conditions - Part 1: Definitions, information and general principles.
- IEC/TS 60815-2: Selection and dimensioning of high-voltage insulators intended for use in polluted conditions - Part 2: Ceramic and glass insulators for a.c. systems”.
- IEC 61869: Instrument transformers - Part 1 and part 2
- CIGRE 528: Transformer Procurement Process: Guide to Preparation of Specifications for Power Transformers.
- CIGRE 529: Transformer Procurement Process: Guide to Design Review for Power Transformers.
- CIGRE 530: Transformer Procurement Process: Guide to the Assessment of the Capability of a Transformer Manufacturer.
- CIGRE 659: Transformer thermal modelling, Working Group A2.38.
- ASTM A876: Standard Specification for Flat-Rolled, Grain-Oriented, Silicon-Iron, Electrical Steel, Fully Processed Types.
- ASTM A36: Standard Specification for Carbon Structural Steel.
- ASTM A285: Standard Specification for Pressure Vessel Plates, Carbon Steel, Low- and Intermediate-Tensile Strength.
- ASTM A345: Standard Specification for Flat-Rolled Electrical Steels for Magnetic Applications.
- ASTM B5: Standard Specification for High Conductivity Tough-Pitch Copper Refinery Shapes.
- ASTM B111: Standard Specification for Copper and Copper-Alloy Seamless Condenser Tubes and Ferrule Stock.

- ASME B16.5: Pipe Flanges and Flanged Fittings NPS 1/2 Through NPS 24 Metric/Inch Standard.
- ASTM D 1305: Standard Specification for Electrical Insulating Paper and Paperboard-Sulfate (Kraft) Layer Type.
- ASTM D3487: Standard Specification for Mineral Insulating Oil Used In Electrical Apparatus.
- ASTM D923: Standard Practices for Sampling Electrical Insulating Liquids.
- DIN 42562-2: Transformers; silica gel breathers with fillings of 1,2 to 4,8 kg.
- DIN 42566: Transformers - Buchholz relays.
- DIN EN 50216-1: Power transformer and reactor fittings – General.
- DIN EN 50216-2: Power transformer and reactor fittings - Part 2: Gas and oil actuated relay for liquid immersed transformers and reactors with conservator.
- IEC 60721-3-4: Classification of environmental conditions – Part 3-4: Classification of groups of environmental parameters and their severities – Stationary use at non-weatherprotected locations.
- DIN EN 50216-11: Power transformer and reactors fittings - Part 11: Oil and winding temperature indicators.
- DIN EN 15800: Cylindrical helical springs made of round wire - Quality specifications for cold coiled compression springs.
- DIN EN 10270-1: Steel wire for mechanical springs - Part 1: Patented cold drawn unalloyed spring steel wire.
- DIN EN 50216-5: Power transformer and reactor fittings - Part 5: Liquid level, pressure and flow indicators, pressure relief devices and dehydrating breathers.
- DIN EN 10270-1: Steel wire for mechanical springs - Part 1: Patented cold drawn unalloyed spring steel wire.
- DIN EN 50180: Bushings above 1 kV up to 52 kV and from 250 A to 3,15 kA for liquid filled transformers.
- ISO 12944-5: Paints and varnishes — Corrosion protection of steel structures by protective paint systems — Part 5: Protective paint systems.
- ISO 8501-1: Preparation of steel substrates before application of paints and related products — Visual assessment of surface cleanliness — Part 1: Rust grades and preparation grades of uncoated steel substrates and of steel substrates after overall removal of previous coatings.
- ISO 5208: Industrial valves — Pressure testing of metallic valves.
- DIN 3230-3: Technical delivery conditions for valves; Compilation of test methods.
- DIN 42560: Transformers - Throttle-valves NW 80, Dimensions, Tightness Testing.
- DIN 42568: Transformers; outlet valve DN 15 and DN 32 for sampling and discharge.
- DIN 2501: Flanges and their joints - Circular flanges for pipes, valves, fittings and accessories, PN designated.
- DIN EN 12288: Industrial valves - Copper alloy gate valves.
- IEC 60641-1: Specification for pressboard and presspaper for electrical purposes. Part 1: Definitions and general requirements.
- IEC 60763-1: Specification for laminated pressboard. Part 1: Definitions, classification and general requirements.
- IEC 60763-2: Specification for laminated pressboard - Part 2: Methods of test.

- IEC 60763-3-1: Laminated pressboard for electrical purposes – Part 3: Specifications for individual materials – Sheet 1: Requirements for laminated precompressed pressboard, Types LB3.1A.1 and LB3.1A.2.
- DIN EN 13601: Copper and copper alloys - Copper rod, bar and wire for general electrical purposes.
- IEC 60317-27-1: Specifications for particular types of winding wires - Paper tape covered round copper wire.
- IEC 60028: International standard of resistance for copper.
- IEC 60076-7: Power transformers – Part 7: Loading guide for mineral-oil-immersed power Transformers.
- IEC 60076-2: Power transformers - Part 2: Temperature rise for liquid-immersed transformers.
- IEC 61850: Protocol: Features, Information Model, and Combination with MQTT.
- IEEE 693: Recommended Practice for Seismic Design of Substations.
- RPTD N°01: Pliego Técnico Normativo (Technical Regulatory Sheet).
- NTSyCS: Norma Técnica de Seguridad y Calidad de Servicio. Enero de 2025.
- Anexo Técnico: Requisitos Sísmicos para Instalaciones Eléctricas de Alta Tensión.
- Anexo Técnico: Exigencias Mínimas de Diseño de Instalaciones de Transmisión.

Para soldaduras de partes sometidas a esfuerzos principales, las calificaciones de los procesos de soldadura, los equipos y los operarios estarán de acuerdo con las normas equivalentes a los requisitos de "ASME Boiler and Pressure Vessel Code" o a "AWS Standard Qualification Procedure", u otra norma aprobada a elección del fabricante

En el caso de que el Fabricante no cumpla las normas que se indican o existan puntos no definidos por éstas, se aplicarán las normas usuales del Fabricante, citando en este caso en la oferta las normas utilizadas por el mismo, así como los puntos concretos en que se aplicarán estas normas y su diferencia con las requeridas, quedando a criterio de ENGIE su aprobación definitiva.

Además, debe cumplir con los requerimientos establecidos en el documento ENG-OA-RON-SE-EL-HD-0011, nombrado: "HCTG Reactor Trifásico 220 kV - 25 MVar".

4 REFERENCIAS INTERNAS

Esta especificación técnica se complementa con los siguientes documentos del proyecto:

- | | |
|---------------------------|---|
| - ENG-OA-RON-SE-EL-ED-001 | Disposición de equipos Patio 220 kV - Planta y lista de equipos |
| - ENG-OA-RON-SE-EL-ED-002 | Disposición de equipos Patio 220 kV - Secciones |
| - ENG-OA-RON-SE-EL-EU-001 | Diagrama unilineal simplificado 220 kV |
| - ENG-OA-RON-SE-EL-EU-002 | Diagrama unilineal funcional 220 kV |

5 CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO, FUNCIONALES Y CONSTRUCTIVAS

5.1 CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES

Las condiciones ambientales del lugar de la instalación son las indicadas en la Tabla 1.

Tabla 1. Parámetros ambientales.

Característica	Valor
Altura máxima de la instalación sobre el nivel del mar	900 m.s.n.m.
Temperatura máxima del aire ambiente	29°C
Temperatura media del aire	17,5°C
Temperatura mínima del aire ambiente	-5°C
Humedad relativa media	1% al 95%
Velocidad de viento máxima	100 km/h
Elevación de temperatura por radiación solar	15°K
Condiciones sísmicas Nch. 2369-2018	(IEEE 693)
Nivel de contaminación según IEC 815 – Equipo Primario	e, 53,7 mm/kV _{f-t}
Nivel cerámico	3 rayos/km ²

5.2 CARACTERÍSTICAS DE LA RED

Las características de la red a la que se conectarán los equipos son las indicadas en la Tabla 2:

Tabla 2. Parámetros eléctricos.

Característica	Valor
Frecuencia (RPTD N°01)	50 Hz
Corriente asignada de cortocircuito	50 kA
Tiempo de duración de cortocircuito	1 s
Tensión nominal (RPTD N°01)	220 kV
Tensión máxima del equipo	245 kV
Tensión soportada a impulso tipo rayo (*)	1050 kV
Tensión soportada a frecuencia industrial (*)	460 kV
Tensión SSAA C.A.	380/220 V
Tensión SSAA C.C.	110 V

*Valor a ser verificado con el estudio de coordinación de aislamiento.

5.3 DISEÑO SÍSMICO

El equipo deberá validarse sísmicamente según lo indicado en el Anexo Técnico “Requisitos Sísmicos para Instalaciones Eléctricas de Alta Tensión”.

5.4 CARACTERÍSTICAS PARTICULARES

Los reactores son previstos para operación en las condiciones climáticas indicadas en la especificación técnica de suministro.

Las características principales del equipo son indicadas en la siguiente lista:

Tabla 3. Características principales

Característica	Valor
No. de fases	3
Tipo:	STO - NN
Potencia:	25MVar
Tensión:	220kV
Frecuencia:	50 Hz
Tipo de Enfriamiento:	ONAN

5.4.1 Tipo

Los reactores de línea o de barra serán unidades monofásicas o trifásicas, de acuerdo con lo solicitado en el documento de hoja de características Técnicas Garantizadas, del tipo constructivo columnas con entrehierros. Serán inmersos en aceite y tendrán su respectivo tanque de expansión. Los reactores deberán poder absorber la potencia reactiva a la tensión máxima admisible en el sistema de acuerdo con la regulación local en cada país de manera continua y firme, es decir, sin requerir el uso de dispositivos adicionales.

El fabricante deberá tener en cuenta en el diseño que el reactor estará sometido a maniobras de conexión/desconexión frecuente, y que estará expuesto a sobretensiones de corta y larga duración. Los bujes y otros equipos auxiliares deben ser correctamente seleccionados para que no restrinjan su maniobra en estas condiciones. El equipo se maniobra en condiciones de demanda máxima y mínima considerando que se presentan hasta tres operaciones de cierre y apertura por día. El fabricante deberá realizar y presentar un análisis detallado de soporte de sobretensiones por parte del aislamiento durante su vida útil. El diseño sísmico deberá atender las condiciones sísmicas descritas en el documento Requerimientos Generales o en la Hoja de Características Técnicas Garantizadas. Además de las bobinas principales, algunos de los reactores deberán tener devanados conectados en Y para obtener de ellos servicios auxiliares. La tensión de salida será la especificada en las Hoja de Hoja de Características Técnicas Garantizadas. De considerarse esta opción, el fabricante deberá presentar dentro de la propuesta este ítem como alternativo y contemplar la propuesta base sin este devanado auxiliar. El reactor en el caso de ser del tipo sin núcleo con pantalla magnética, será construido con una tecnología similar a la de los reactores acorazados sin considerar el circuito magnético central. El devanado será soportado por un ensamble de vigas horizontales y paneles verticales de madera prensada anclado en la base del tanque. Alrededor del devanado deberá proveerse una pantalla magnética de altura adecuada de tal forma que se protejan las paredes del tanque. Con este método constructivo deberá tenerse especial cuidado para prever las vibraciones.

5.4.2 Dimensiones y sistema de conexión

5.4.2.1 Dimensiones

En los casos que las unidades sean requeridas como unidades de repuesto o que se deba cumplir con algunas restricciones en las dimensiones y/o la ubicación de bujes, el gabinete adosado o cualquier otro accesorio debe ser indicado en el documento ENG-OA-RON-SE-EL-HD-011, nombrado: "HCTG Reactor trifásico 220 kV", por lo que el Fabricante deberá dar total cumplimiento a estos requerimientos en su diseño y fabricación.

5.4.3 LÍMITES DE AUMENTO DE TEMPERATURA

El aumento de temperatura de los reactores o de sus partes deberá determinarse de acuerdo con las normas IEC 60076-6 e IEC 60076-2, con las correcciones requeridas por altura y las condiciones climáticas del sitio. El aumento de temperatura debe referirse a la tensión de operación máxima continua U_{max} .

El Fabricante deberá diseñar el reactor para que sus gradientes de temperatura sobre el ambiente no sean superiores a los límites establecidos en ENG-OA-RON-SE-EL-HD-

0011 “HCTG Reactor Trifásico 220 kV - 25 MVAR” y garantizar una expectativa de vida útil mínima de acuerdo a lo indicado en la HCTG. Sin embargo, no se aceptará una vida útil inferior a 30 años. El fabricante deberá demostrar en los documentos de diseño el cumplimiento de la vida útil mínima garantizada.

El máximo gradiente del punto más caliente (“Hot Spot”) de cada devanado sobre el ambiente no podrá ser en ningún caso superior a 78°K para aislamiento de Papel Termoestabilizado Impregnado en Aceite y el gradiente de la parte superior del aceite (“Top Oil”) no podrá ser superior a 60 °K, lo anterior de acuerdo a la tabla 1 de la Norma IEC 60076-2, sin embargo, este valor debe ser ajustado teniendo en cuenta las temperaturas del sitio de instalación y la tabla 2 de la misma norma. En todos los casos se tomará el valor más conservativo entre la Hoja de Características Técnicas Garantizadas del proyecto y lo indicado aquí.

Para efectos del diseño y de los incrementos de temperatura en la prueba de calentamiento el Fabricante deberá considerar un factor del punto más caliente de los devanados (“Hot Spot Factor”) conforme a lo establecido en el numeral 7.10.2 y el anexo B de la norma IEC 60076-2 donde este es el producto de dos factores Q y S ($H=Q*S$). El factor Q deberá ser calculado con base en las pérdidas adicionales producidas por los flujos de dispersión máximos obtenidos en el diseño para cada disco y/o espira y las alturas de las secciones de los conductores y el factor S de acuerdo con las características de los circuitos de flujo del aceite en la parte superior de los devanados de acuerdo a las gráficas de la figura B3 del anexo B de esta norma. En todo caso el factor mínimo de los puntos más calientes de los devanados (“Hot Spot Factor”) a usar tanto para el diseño como para la verificación de cumplimiento de la prueba de incremento de temperatura será de 1,3.

El máximo gradiente del punto más caliente del núcleo sobre el ambiente no podrá ser superior a 80°K y para sus estructuras de prensado menor a 90°K garantizando que ningún material con base en pulpa de papel (papel, pressboard etc.) quede en contacto directo con el núcleo o las estructuras.

Los límites de aumento de temperatura deberán estar definidos tomando la condición más exigente de las temperaturas media anual, media mensual y máxima del sitio de instalación, sin embargo, la temperatura absoluta del punto más caliente de los devanados no podrá exceder en ningún caso los 105 °C para todas las condiciones de operación continúa tomando la temperatura media anual del sitio de instalación.

5.4.4 Cálculo de expectativa de vida

El cálculo de la expectativa de vida útil se deberá realizar de acuerdo a lo descrito en la norma IEC 60076-7 numeral 6, considerando un factor de “hot-spot” calculado de acuerdo con la norma IEC 60076-2 teniendo en cuenta las características de los conductores de cada devanado, la tensión máxima continua U_{max} , la altura de instalación y los parámetros ambientales del sitio.

5.4.5 Cálculo de cargabilidad de los reactores

El Fabricante deberá presentar un estudio de cargabilidad de los reactores con base en la tensión de operación máxima continua U_{max} con el propósito de definir los límites de sobrecarga adoptando las recomendaciones y metodologías de cálculo expresadas en la norma IEC 60076-7 “Power Transformers – Part 7: Loading guide for oil-immersed power

transformers". El estudio presentado deberá realizarse para los siguientes casos de precarga de 1,0 p.u y 1,1 p.u para reactores de barra y; 1,1 p.u y 1,15 para reactores de línea e informará los límites de sobrecarga durante 30 minutos y 60 minutos sin la presencia de los efectos indicados en el párrafo siguiente, considerando la temperatura ambiente máxima del sitio de instalación.

El Fabricante deberá garantizar que se evaluarán las implicaciones que se tienen al sobrecargar un reactor y que en ningún caso se incurrirá en los siguientes efectos al sobrecargar el reactor a los límites reportados por el Fabricante:

- Reducción de la soportabilidad dieléctrica del sistema de aislamiento por la posible presencia de burbujas de gas en zonas de alto estrés dieléctrico, debida a la formación de vapor por la ebullición del agua contenida en el aislamiento sólido adyacente a los puntos más calientes del devanado.
- Generación de gas por descomposición térmica del aceite aislante o del papel que está en contacto con zonas que alcanzan altas temperaturas en los devanados o externas a él, que pueden ocasionar saturación con gas del aceite aislante y formación de burbujas de gas, reduciendo la soportabilidad dieléctrica.
- Incremento de la presión interna de los bujes por expansión del aceite, que puede resultar en falla por fuga de aceite.
- Riesgo de falla en la Conmutación de elevadas corrientes en los cambiadores de tomas bajo carga.
- Deterioro de los materiales de las empaquetaduras del reactor por temperatura, que puede ocasionar fugas de aceite.
- Derrame de aceite por superación del nivel del tanque conservador debido a la expansión del mismo.

5.4.6 Núcleos

Los núcleos deberán ser diseñados y contruados con Acero de Grano Orientado laminado en Frio "Cold-Rolled Grain-Oriented Silicon Steel of Electrical Grade" de espesor adecuado y consistente con los niveles de perdidas garantizados y deberán tener una curva de saturación consistente con lo especificado en la Hoja de Características Técnicas Garantizadas.

El núcleo será con entrehierros conectado a tierra en un único punto a través de un buje de 1 kV, externo al tanque, montado sobre la parte superior del reactor. Con el enlace abierto, el circuito magnético quedará aislado de todas las partes estructurales para propósitos de pruebas. La conexión entre el terminal (bujes) del núcleo y la cuba deberá ser flexible con el fin de evitar fractura o ruptura posterior del buje ocasionada por vibración.

Al lado de este buje se colocará una placa grabada que diga: "El núcleo siempre deberá estar puesto a tierra con el equipo energizado".

Deben estar provistos de elementos apropiados para su izaje cuando se realicen labores de reparación o mantenimiento que requieran el desencubado ("out tanking"). Las estructuras de fijación de los núcleos serán contruadas de tal forma que sean mínimas las corrientes parásitas; estas estructuras serán rígidamente puestas a tierra en un punto para evitar potenciales electrostáticos.

El Fabricante suministrará las curvas de excitación del reactor y de soportabilidad de sobrexcitación versus tiempo e información que permita establecer la tasa de decaimiento del flujo remanente del reactor.

No se aceptan densidades de flujo mayores a 1,9 T a la tensión más elevada de operación continua U_{max} para los reactores de barra y la tensión más elevada de operación prevista por efecto Ferranti para los reactores de línea de acuerdo con la recomendación de la norma IEC60076-7 numeral 5.2. Adicionalmente se deberá garantizar total linealidad de la característica de saturación (Tensión Vs. Flujo) hasta la tensión máxima de operación continua previstas en la regulación local del sistema de potencia de cada país para los reactores de barra y ≥ 1.3 p.u o el valor requerido en la Hoja de Características Técnicas Garantizadas para los reactores de línea. El Fabricante debe entregar en los documentos de diseño el sustento del cumplimiento de estos requerimientos.

El material utilizado para el sistema de aislamiento del núcleo, canales de enfriamiento y sus estructuras deberá ser de clase térmica tipo F, no se aceptará el uso de otro tipo de aplicaciones.

5.4.7 Devanados

Los devanados serán de cobre electrolítico. Para el cobre se aplicarán las normas IEC 60028, IEC 60317-27-1 y DIN EN 13601, adecuadamente dimensionados para soportar corrientes que no limiten la capacidad continua del reactor y/o las tensiones de operación continua de acuerdo con las regulaciones de operación locales del sistema de potencia y deberán estar soportados por vigas y columnas de material aislante con un diseño apropiado para soportar oscilaciones.

Para el dimensionado de las distancias aislantes entre bobina-bobina y bobina – tierra se utilizarán las curvas de diseño de Weidmann, para ensayo AC 50 Hz o 60 Hz, 1 minuto, para aceite desgasificado, aplicando para las restantes pruebas los valores de DIL (Design Insulation Level) que se indican en la siguiente tabla o valores más conservadores:

DIL (Design Insulation Level)	Weidmann Factor DIL
Chopped wave Impulse 1.2/50 μ s	2.53
Full wave Impulse 1.2/50 μ s (BIL)	2.30
Switching Impulse 250/2000 μ s (SIL)	1.80
1 minute, AC	1.00
1 hour, AC	0.80
AC operating voltage	0.50

Dentro de la verificación de soportabilidad dieléctrica el fabricante deberá considerar márgenes de desviación asociados a su proceso de fabricación representados en valores de seguridad identificando inclusive aquellos inherentes al aplicativo del proveedor. El tipo de papel que se utilice en la construcción de los devanados y de todas las conexiones deberá ser termoestabilizado, ("Thermally Upgraded Paper") con contenido de nitrógeno controlado y certificado. Todos los materiales del aislamiento sólido deberán resistir, sin sufrir deterioro, aumentos de temperaturas máximos establecidos.

El fabricante deberá suministrar las fichas técnicas del tipo de papel usado con el fin de facilitar el monitoreo de su degradación durante el tiempo de servicio a través del análisis del contenido de compuestos furánicos disueltos en el aceite.

No se permite el uso de madera laminada en los elementos de prensado de las bobinas ni de la parte activa. En su lugar deberá utilizarse Pressboard Laminado de acuerdo a las Normas IEC 60763-1, IEC 60763-2 y IEC 60763-3-1.

Para el sistema de aislamiento entre bobinas y de estas contra el núcleo se deberá utilizar pressboard de acuerdo con la norma IEC 60641-1.

En la elaboración de todos los cilindros aislantes no se aceptará una línea de pegamento continuo en el cierre del cilindro.

Todos los espaciadores tanto axiales como radiales deberán tener sus aristas redondeadas.

Los reactores serán aptos para soportar, térmica y dinámicamente, las corrientes de energización "in-rush", Para el cálculo y dimensionamiento de la soportabilidad mecánica de los devanados a los esfuerzos radiales, estos se deben considerar autosoportados y no se debe considerar ningún apoyo con las estructuras aislantes, devanados o estructuras del núcleo adyacentes a ellos.

Para facilitar la inspección interna y la verificación de desplazamientos de componentes durante el transporte, las bobinas deberán ser marcadas con respecto a marcaciones de alineamiento de otros componentes de la parte activa.

5.4.7.1 Pruebas de control de calidad al papel

El fabricante del reactor deberá enrollar, sobre la capa exterior del aislamiento del conductor que une cada bobina con el buje, un tramo del mismo papel aislante utilizado en el aislamiento del conductor de las bobinas, fácil de retirar, el cual deberá acompañar las bobinas en todos los procesos de secado y que sirva de testigo para comprobar sus condiciones después de este proceso, para lo cual se deberán hacer los análisis de grado de polimerización y la prueba de contenido de nitrógeno, según norma ASTM D982 - Standard Test Method for Organic Nitrogen in Paper and Paperboard, a las muestras que se retiren y adjuntarlos a los protocolos de las pruebas de recepción en fábrica. El resultado de la prueba de contenido de nitrógeno del papel debe ser superior a 2%.

El fabricante deberá hacer un control del grado de polimerización del papel antes del secado y después del secado final antes del encube que deberá ser como mínimo GP 1050 aún en caso de secado adicional requerido por fallas durante las pruebas.

En caso de que los resultados de estas pruebas sean inferiores a lo requerido, el fabricante deberá realizar las correcciones y ajustes necesarios sin que esto implique ningún perjuicio de ninguna índole. Estos resultados deberán ser entregados a los inspectores antes de la aprobación de las pruebas en fábrica.

5.4.8 Tanques

Los tanques serán en lámina de acero con un espesor que garantice la robustez necesaria para soportar pleno vacío y sobrepresiones sin presentar deformaciones permanentes. El tanque, los radiadores, los empaques y sus accesorios deberán conformar un conjunto completamente hermético.

Los empaques serán suministrados de acuerdo con el numeral 5.1.13 EMPAQUES.

Las juntas entre la tapa inferior y las paredes laterales del tanque deberán ser soldadas, no se aceptan juntas pernadas.

Los bujes deberán ser del tipo “Draw-Rod Lead” por lo que para el montaje o cambio de bujes no se requiere de ninguna tapa lateral, si por alguna razón el Fabricante las requiere para la fabricación y/o el encube estas finalmente deben ser soldadas.

El tanque deberá tener elementos apropiados para su izaje. Se debe suministrar un juego de gatos hidráulicos por cada sitio de instalación, de capacidad suficiente que permitan levantar el equipo completamente ensamblado y lleno de aceite.

En dos lados diametralmente opuestos de cada unidad y cerca al fondo del tanque se proveerán dos placas para puesta a tierra. Las placas serán suministradas con conectores sin soldadura para cable de cobre de 107 mm² (4/0 AWG).

Cada tanque deberá estar provisto con los dispositivos de alivio de presión necesarios, localizados en la parte superior del mismo, los cuales tendrán el tamaño suficiente para un alivio rápido de cualquier sobre presión que pueda generarse dentro del tanque de tal manera que se evite la rotura de cualquier parte del tanque, soldaduras y radiadores.

Los componentes internos que se sujeten de las paredes del tanque principal o elementos estructurales para dar rigidez a componentes y/o conexiones se deben asegurar con tornillos de fibra de vidrio, no se aceptan tornillos de madera. Estos deberán estar debidamente fijados con una traba mecánica.

Las válvulas mariposa de conexión a los radiadores deberán ser del tipo soldadas del lado tanque, de tal manera que no exista ningún tipo de empaque del lado tanque.

Las juntas de las tapas de inspección (manhole) y bridas de montajes de los bujes deberán contar con doble empaque tipo o-ring y sus respectivos canales de instalación serán ubicados en la parte superior de la torreta de los BCT. La brida del buje será plana.

El diseño deberá evitar al máximo y minimizar el uso de tapas de inspección en cualquier parte del tanque del equipo y tubos colectores para el proceso de fabricación y ensamble.

Las únicas tapas de inspección que se aceptan pernadas serán las de conexión de bujes e ingreso al equipo de personal de mantenimiento para inspección.

Se solicita que la tapa superior del tanque sea levemente inclinada buscando evitar el estancamiento de agua.

Para el transporte del tanque conservador, se debe verificar que el flotador del indicador de nivel sea transportado desmontado y por lo tanto se deben enviar empaques para la instalación del flotador.

5.4.8.1 Soldaduras

El Fabricante deberá presentar el procedimiento para realizar la soldadura y realizar el seguimiento de estos procedimientos basados en la normatividad aplicable. Este documento estará sujeto a aprobación. En este documento se debe demostrar que se realizó un seguimiento basado en rayos X para las soldaduras críticas para el Fabricante del tanque del equipo. Adicionalmente se debe realizar una prueba tipo de líquidos penetrantes de las soldaduras según la norma ASTM E1417 "Standard Practice for Liquid Penetrant Testing". Esta será en la parte superior del tanque y aquellas que sean realizadas en la fábrica después de ser completamente cubierta

5.4.8.2 Sistema de preservación de aceite del tanque principal

Los reactores deben estar equipados con un sistema apropiado de preservación de aceite del tipo tanque conservador con bolsa elástica. La cual deberá estar fabricada sin pegues ni costuras y todas sus uniones deben ser vulcanizadas.

El espacio en aire dentro la bolsa elástica deberá mantenerse seco por medio de un respirador deshumectante, el cual debe cumplir con las características descritas en el numeral 5.12.11 de este documento.

La bolsa deberá estar fijada al tanque mediante un sistema que evite que se suelte durante su proceso de expansión y contracción, igualmente el fondo del tanque donde sale la tubería hacia el relé Bucholz debe estar provista de un sistema que evite que la bolsa sea succionada.

La bolsa deberá ser fabricada a la medida del tanque conservador de acuerdo a las fórmulas y reglas del Fabricante de la misma, de tal manera que en condiciones normales de operación quede completamente estirada y sin arrugas. La bolsa podrá ser de un material que sea compatible (buen desempeño y durabilidad) con el aire y el aceite o en su defecto de dos materiales tales como el neopreno para la parte en contacto con el aire y nitrilo para la parte en contacto con el aceite.

El respirador deberá estar instalado a aproximadamente 1400 mm sobre el nivel del piso, de tal forma que sea fácil su acceso por parte del personal de operación y mantenimiento.

El tanque conservador deberá estar equipado con un "Manhole" para el ingreso de una persona a realizar limpieza interna y una mirilla lateral que permita la inspección visual de la bolsa.

La tubería de respiración entre el tanque conservador y el desecador deberá ser de acero inoxidable minimizando al máximo el número de uniones (típicamente limitado por las longitudes máximas para embalaje y transporte), sin embargo no se aceptarán más de dos uniones o juntas. Estas uniones deberán ser selladas con empaques tipo O-Ring, no se aceptan empaques planos.

Los Fabricantes deberán realizar pruebas de estanqueidad a las bolsas antes de su instalación para las Pruebas en Fábrica y antes del despacho validando que estas no han sufrido ningún deterioro, rasgadura o rotura.

5.4.8.3 Ruedas

Para efectos del suministro de las unidades el Fabricante deberá presentar su propuesta con las dos posibilidades (con ruedas y sin ruedas), sin embargo, se reservará el derecho de decidir cómo será finalmente el suministro.

En caso que se requieran ruedas, las mismas y el diseño de su acople al fondo del tanque deberá permitir un giro de 90 grados, esto es, que sólo se requiera cambiar el sentido a la rueda para cambiar la dirección del movimiento del equipo y serán adecuadas para el uso en una vía que tendrá rieles ASCE de 45 daN/m (90 lb / yd) y distancia entre ruedas suministradas al Fabricante.

Las ruedas serán dimensionadas de tal forma que permitan soportar y desplazar el reactor completamente montado y lleno de aceite, sobre rieles.

Las ruedas serán diseñadas para el adecuado movimiento de las unidades sobre rieles, sin embargo, para los cálculos y el anclaje no se debe considerar que el reactor estará apoyado sobre las ruedas. Estas deberán poderse fijar a las paredes laterales o columnas para evitar la pérdida de las mismas.

Los tamaños de las ruedas serán definidos durante el diseño del equipo.

El Fabricante deberá realizar una prueba de funcionalidad de las ruedas con el reactor completamente ensamblado y lleno de aceite comprobando que estas se acoplan bien y permiten los giros requeridos para su adecuado desplazamiento.

5.4.8.4 Escaleras y protección contra caídas

El reactor debe entregarse con un sistema de ascenso y descenso adosado a su estructura, para facilitar el acceso a la parte superior de la cuba al personal técnico que deberá efectuar maniobras de operación o mantenimiento con el equipo desenergizado. El equipo deberá proveerse de barandas desmontables en el contorno de la parte superior de la cuba, este sistema deberá tener una altura mínima de 1 m y deberá ser continuo a lo largo del perímetro de la cubierta. El sistema fijo de escalera debe ser metálica con capacidad para soportar el peso normal de una persona y su herramienta, y debe entregarse con un sistema de acceso seguro, restringido y bloqueado a voluntad del operador o Jefe de trabajo de mantenimiento. El Fabricante dotará de avisos de seguridad, de tarjeteo y bloqueo con sistemas de candado implementados.

5.4.8.5 Válvulas

Todas las válvulas deberán resistir el paso de aceite aislante caliente sin presentar filtraciones. Los empaques deben ser resistentes al aceite caliente de modo que el conjunto sea completamente hermético.

Todas las válvulas deberán tener bridas con las caras maquinadas para sello mediante o-ring con brida ciega con pernos, disponer de indicadores de posición y placas con los números y la descripción de sus funciones operativas, y tener medios para enclavarlas con candado. La apertura debe ser girándola en dirección contrario a las agujas del reloj cuando se mira el volante.

El Fabricante deberá suministrar las pruebas tipo de todas las válvulas incluidas en el suministro y toda la información de los catálogos de las válvulas con las instrucciones para su instalación y mantenimiento, los cuales deberán ser enviados para su aprobación.

Los equipos deberán ser suministrados con las siguientes válvulas como mínimo:

- Válvulas tipo compuerta en bronce según norma DIN EN 12288, con vástago no ascendente, perforación central de 50 mm en todo el recorrido de la válvula, DN50 y con conexión mediante brida según norma DIN 2501 PN16: Brida de 165 mm de diámetro, 16 mm de espesor, 4 perforaciones, diámetro del círculo de perforaciones de 125 mm, diámetro de las perforaciones de 18 mm y cumpliendo las siguientes funciones:
 - Válvulas de drenaje del tanque conservador principal. Se deberá disponer de dos (2) válvulas ubicadas a cada extremo del tanque, una sobre el tanque conservador y la segunda en el extremo contrario, conectada en el extremo de una tubería a una altura 1400 mm sobre el nivel del piso.
- Válvulas tipo compuerta en bronce según norma DIN EN 12288, con vástago no ascendente, perforación central de 50 mm en todo el recorrido de la válvula, DN50 y con conexión mediante brida según norma DIN 2501 PN16: Brida de 165 mm de diámetro, 18 mm de espesor, 8 perforaciones, diámetro del círculo de perforaciones de 160 mm, diámetro de las perforaciones de 18 mm y cumpliendo las siguientes funciones:
 - Válvulas para conexión de equipos de tratamiento de aceite. Se deberá disponer en dos caras laterales diametralmente opuestas del tanque principal así: dos (2) válvulas por cara, ubicadas una en la parte superior y otra en la inferior respectivamente.
- Válvulas tipo bola en bronce, con perforación central de diámetro 25 mm –DN25 - y con conexión mediante brida según norma DIN 2501 PN16: Brida de 115 mm de diámetro, 12 mm de espesor, 4 perforaciones, diámetro del círculo de perforaciones de 85 mm, diámetro de las perforaciones de 14 mm y cumpliendo las siguientes funciones:
 - Válvula de by-pass entre el interior del tanque conservador y el interior de la bolsa de neopreno.
 - Válvula de aislamiento entre el respirador deshumectante y el interior de la bolsa de neopreno del tanque conservador.
- Válvulas tipo compuerta en bronce según norma DIN EN 12288, con vástago no ascendente, con perforación central de diámetro 40 mm –DN40 - en todo el recorrido de la válvula y con conexión mediante brida según norma DIN 2501 PN16: Brida de 150 mm de diámetro, 14 mm de espesor, 4 perforaciones, diámetro del círculo de perforaciones de 110 mm, diámetro de las perforaciones de 19 mm y cumpliendo las siguientes funciones:
 - Válvula de aislamiento entre tanque principal y relé de presión súbita.
 - Válvula de by-pass del relé Buchholz.
- Válvulas tipo compuerta en bronce según norma DIN EN 12288, con vástago no ascendente, con perforación central de diámetro 15 mm –DN15 - en todo el recorrido de la válvula y con conexión mediante brida según norma DIN 2501 PN16: Brida de 95 mm de diámetro, 12 mm de espesor, 4 perforaciones, diámetro del círculo de perforaciones de 65mm, diámetro de las perforaciones de 14 mm y cumpliendo las siguientes funciones:
 - Válvula para purga de aire del interior tanque conservador, ubicadas a cada extremo de la cara superior del tanque conservador

- Válvulas tipo compuerta en bronce según norma DIN EN 12288, con vástago no ascendente, con perforación central de diámetro 80 mm –DN80 - en todo el recorrido de la válvula y con conexión mediante brida según norma DIN 2501 PN16: Brida de 200 mm de diámetro, 18 mm de espesor, 8 perforaciones, diámetro del círculo de perforaciones de 160mm, diámetro de las perforaciones de 18 mm y cumpliendo las siguientes funciones:
 - Válvula de aislamiento entre el relé Buchholz y el tanque conservador.
 - Válvula de aislamiento entre el relé Buchholz y el tanque principal.
 - Válvula instalada en una derivación “T” entre el relé Buchholz y el tanque principal, para realizar vacío.
- Válvulas para toma de muestras de aceite en bronce según estándar DIN 42568, de diámetro 15 mm - DN15, brida de montaje circular de diámetro 80 mm, con tapón de sello sujeto al cuerpo de la válvula mediante cadena, ubicadas así:
 - Válvula de toma de muestra de aceite de la parte inferior del tanque principal ubicada en la parte inferior del reactor.
 - Válvula de toma de muestra de aceite de la parte superior del tanque principal ubicada mediante tubería en la parte inferior del reactor.
- Válvulas de acople de radiadores del tipo mariposa según norma DIN 42560 con vástago de accionamiento externo que tenga cubierta y dispositivo de señalización de posición y bloqueo, el sistema de sello entre el disco y el cilindro de la válvula deben garantizar pleno sello tanto a presión positiva como de vacío, y sus caras deben ir maquinadas para sello mediante o-ring del lado del radiador.

El Fabricante deberá presentar los protocolos de prueba de las válvulas bajo la siguiente norma de fabricación DIN 3230-3 / ISO 5208 siguiendo las secciones identificadas en esta norma como P10, P11 y P12.

Los Fabricantes deberán realizar pruebas de estanqueidad a todas las válvulas antes de su instalación para las Pruebas en Fábrica y antes del despacho validando que estas no han sufrido ningún deterioro.

5.4.8.6 Pernos

Para la conexión de componentes, tuberías y accesorios, se deberá usar pernos galvanizados, no se acepta acero inoxidable.

Se deberán incluir los pernos requeridos para anclar el equipo al piso. El Fabricante suministrará para aprobación un plano donde se indique la forma del anclaje y los detalles de los pernos, las dimensiones y el material. El perno embebido en el concreto debe ser del tipo tuerca.

Deberá entregar también para aprobación las memorias de cálculo donde se especifique claramente la confiabilidad estructural de los pernos para resistir las exigencias sísmicas ante movimientos horizontales y verticales de acuerdo con los requerimientos del espectro sísmico de diseño del proyecto.

5.4.8.7 Pintura interna y externa

Los reactores deberán ser sometidos a un proceso de pintura apropiado, de tal forma que el acabado soporte las condiciones ambientales del sitio de instalación, resistente al trópico. La pintura interna del tanque deberá ser de color blanco o marfil resistente al contacto con aceite mineral y la externa color gris RAL 7035.

Todas las superficies y accesorios de los reactores, antes de ser pintadas, deberán limpiarse completamente hasta obtener un grado de limpieza Sa2½ según norma ISO 8501-1.

Para las superficies externas el esquema de pintura de la cuba y demás accesorios a utilizar deberá ser adecuado para un ambiente de categoría de corrosividad C5-M según norma ISO 12944-5 y con un espesor final de mínimo 240 micras que garantice una vida útil del recubrimiento mayor a los 15 años.

Antes de ser aplicada cualquier protección anticorrosiva a la cuba o a los accesorios de los reactores, el Fabricante deberá presentar para su evaluación y aprobación la siguiente información técnica:

- Sistema de pinturas a utilizar (Descripción química de las pinturas).
- Esquema de pintado (Espesores de las pinturas a utilizar).
- Preparación de superficie (Grado de limpieza y perfil de rugosidad).
- Aplicación de pinturas (Tiempos de secado y curado de las pinturas).
- Controles de calidad aplicados según norma ISO 12944 (a todos los procesos).
- Las fichas de "Material safety data sheet" (MSDS), donde se establezca la peligrosidad de los materiales químicos empleados y los controles.

5.4.9 Sistema de enfriamiento

Los reactores deberán estar provistos de radiadores. El método de enfriamiento con agua de refrigeración externa no está permitido. Los radiadores deben ser diseñados y probados para soportar las condiciones de vacío especificadas para el tanque. Cada conexión entre el radiador y el tanque deberá tener su válvula de cierre tipo mariposa soldada del lado tanque, por lo que sólo tendrá empaque del lado radiador.

El Fabricante deberá considerar en el diseño de la capacidad del sistema de enfriamiento, la pérdida de un radiador, de tal manera que se cumplan en esta condición los gradientes garantizados del aceite y del punto más caliente sin afectar el desempeño térmico ni la vida útil de los equipos.

Los radiadores serán diseñados para ser accesibles con fines de limpieza y pintura, y deben prevenir la acumulación de agua en las superficies exteriores y deberán estar provistos de válvulas de purga en la parte superior para impedir la formación de gas o bolsas de aire cuando el tanque está siendo llenado. Todos los radiadores serán idénticos e intercambiables, se deberán poder remover y estar conectados al tanque por medio de bridas de acero, maquinadas y soldadas al radiador. Las válvulas de cierre tipo mariposa las cuales deberán estar provistas de empaquetaduras sólo del lado radiador según lo especificado en el numeral 5.4.13 EMPAQUES.

Las válvulas de cierre tipo mariposa deberán poder ser bloqueadas en la posición cerrada para poder remover un radiador sin sacar de servicio las unidades.

Cada radiador deberá tener elementos apropiados para su izaje, un tapón de purga de aire en la parte superior y otro de drenaje de aceite en la parte inferior. Los radiadores deberán ser galvanizados en caliente, cumpliendo con los siguientes requerimientos: "Hot Dip Galvanizing" (55 micrones) y pintados. Adicionalmente para zonas de media y alta contaminación; y zonas costeras, lo cual estará indicado en el documento Hoja de Características Técnicas Garantizadas, adicionalmente deberán llevar los siguientes recubrimientos: "Epoxy Primer" (40 micrones), "Epoxy Intermediate" (45 micrones), "Epoxy High Build with MIO" (135 micrones) y Polyurethane Finish (45 micrones).

Para el dimensionamiento de la capacidad de los sistemas de enfriamiento se deberá considerar la tensión operativa máxima continua U_{max} teniendo en cuenta la pérdida de un radiador, sin embargo, el Fabricante deberá también incluir en los cálculos de diseño los gradientes obtenidos con todos los radiadores.

5.4.10 Bujes

Los bujes deben quedar instalados de forma totalmente vertical, se reservará el derecho de aceptar que estos estén de forma inclinada. En todos los casos el Fabricante será responsable por el desempeño de estos, especialmente el sísmico.

Los bujes para la conexión del devanado para servicios auxiliares deben ser instalados de forma horizontal en la parte superior del tanque y estos deberán quedar dentro de una caja de conexión con acceso por la parte inferior con cables aislados.

Las características de estos bujes se indican a continuación:

5.4.10.1 Bujes tipo capacitivo

Serán del tipo condensador sellado, con papel impregnado en resina -RIP- y con conexión en el extremo superior tipo "Draw- Lead" o "Draw-Rod Lead" para los bujes de tensión mayor a 52 kV, de tal forma que no haya necesidad de realizar desconexiones internas en caso de ser necesario el cambio o desmonte del buje.

La necesidad de usar o no paraefluvio deberá ser demostrada en el documento de Revisión del Diseño tomando en cuenta las curvas y figuras del fabricante del buje en cuanto a las distancias mínimas internas que deberán ser respetadas.

La abertura del porta CT para la instalación del buje deberá tener las provisiones suficientes para permitir el retiro del paraefluvio considerando el tipo y diámetros de cable a conectar. En cualquier diseño propuesto por el Fabricante, se debe garantizar que en caso de requerirse el cambio del buje no se requiera bajar nivel de aceite y descubrir la parte activa.

En caso tal que el Fabricante proponga bujes de caucho siliconado, se deberán presentar los detalles de plano para evaluar este suministro.

Los bujes deberán ser fabricados siguiendo las recomendaciones de la norma IEC 60137.

La envolvente o "Housing" debe ser polimérica y el color deberá ser GRIS.

Los terminales de alta tensión deben cumplir con lo estipulado en la Publicación IEC/TR 62271- 301: "High-voltage switchgear and controlgear - Part 301: Dimensional standardization of high-voltage terminals".

Todas las superficies de contacto de los terminales externos deberán ser recubiertas con plata pura y libre de cobre; con un espesor de recubrimiento no menor de 0,025 mm.

La construcción de los bujes debe permitir el soporte de las siguientes cargas mínimas.

NIVEL DE TENSIÓN (kV)	CARGA ESTÁTICA (N)	CARGA DINÁMICA (N)
500	2000	5000
245	1000	2000
145	1000	2000
38	500	1000

El Fabricante deberá suministrar los dispositivos de fijación y sistemas de izaje para realizar el montaje de manera segura.

Los bujes deberán ser suministrados con todos los accesorios necesarios para su instalación y que garanticen un correcto funcionamiento de los mismos, entre estos:

- Derivación para la medida del factor de potencia y monitoreo en línea de la condición del aislamiento del cuerpo capacitivo a partir de la señal de corriente de fuga. Blindaje electrostático inferior.

El Fabricante debe entregar las copias impresas de los reportes de pruebas de rutina que satisfagan lo estipulado en la norma IEC 60137 para cada buje en particular para su aprobación antes del inicio de las pruebas en fábrica de los reactores.

5.4.10.2 Bujes no capacitivos

Los bujes para el neutro y para los devanados de servicios auxiliares deberán ser del tipo no capacitivo, en porcelana color marrón o en caucho siliconado siendo dimensionados según estándar DIN EN 50180, con fijación a la pared del tanque principal mediante pernos a través de una brida metálica y con caja de conexión con acceso de cables aislados por la parte inferior y una ventana para su inspección.

En caso que la instalación de los bujes sea horizontal su conexión deberá quedar por encima de la parte activa, de tal forma que para una eventual conexión o desconexión de los mismos no sea necesario bajar el nivel del aceite hasta descubrir la parte activa del reactor.

En caso de presentar otro tipo de bujes, deberán ser sometidos a aprobación.

5.4.11 TRANSFORMADORES DE CORRIENTE DE BUJE (BCT)

Estos transformadores deberán cumplir con la Hoja de Características Técnicas Garantizadas correspondientes del equipo. Con los transformadores de corriente se suministrará una placa que se localizará en la parte interna de la caja de conexión de los terminales secundarios, en ella se indicarán claramente las conexiones, la relación y la polaridad.

El Fabricante deberá seleccionar los CT's de imagen térmica de tal manera que no sea necesario el uso de CT's de interposición, incluso en condiciones de sobretensiones temporales.

Todos los secundarios deberán tener protección contra sobretensiones debidas a aperturas de los secundarios de manera errónea o accidental, que limiten el valor de tensión en circuito abierto en sus terminales secundarios a valores seguros para las

personas, los mismos CT's, los demás equipos y las borneras conectadas a estos en los gabinetes adosados. El Fabricante deberá incluir en los documentos de revisión del diseño un aparte donde se calculen las tensiones máximas esperadas de circuito abierto de todos los CT's de buje, las energías requeridas y la selección de estos dispositivos de protección. Esta protección debe aparecer en los planos de los reactores y puede estar localizada en el gabinete adosado.

Los Fabricantes deberán dejar instalada una espira primaria de prueba para los CT's, la cual deberá poderse acceder para sus conexiones en la caja de conexiones secundarias del CT o en una caja aparte y con su respectivo punto de conexión a tierra para condiciones normales de operación. Esto permitirá la inyección de corrientes primarias durante las pruebas de los mismos.

Todo el cableado del secundario de los CT's debe soportar una tensión aplicada de 3 kV.

5.4.12 ACCESORIOS DE PROTECCIÓN Y CONTROL

Los fabricantes deberán presentar junto con su oferta un listado completo de los accesorios propuestos dando cabal cumplimiento a las especificaciones aquí indicadas (marca, tipo y referencia). Este listado debe ser acompañado de las pruebas tipo de los accesorios seleccionados, los catálogos descriptivos y/o manuales y de los catálogos de selección de los mismos.

5.4.12.1 Generalidades

Estos dispositivos deben tener un grado de protección mínimo de IP55, incluso sus cajas de conexión, y tener contactos libres de potencial tipo inversor ("change over") con capacidad para operar hasta 250 Vcc.

Todos los accesorios de protección y control deberán ser probados en fábrica previa su instalación para las pruebas en fábrica y antes del despacho de las unidades. Los reportes de estas pruebas deben ser entregados antes del inicio de las pruebas y antes del despacho.

Se deberán entregar previos al inicio de las pruebas en fábrica todos los protocolos que certifiquen el cumplimiento de las especificaciones de los relés y dispositivos de acuerdo con los estándares requeridos.

El número de contactos libres de potencial deberá ser mínimo 1 de alarma y 3 de disparo para las funciones de Buchholz del tanque principal y para el dispositivo de presión súbita. Los demás dispositivos de protección deberán tener mínimo 1 contacto de alarma y 2 de disparo.

El cableado de los contactos de alarma y disparo de cada una de las protecciones electromecánicas desde sus bornes hasta el gabinete de control local del equipo deberá ser continuo, mediante cable armado multiconductor ("interlocked armoured cable") del tipo CSTAC ("Corrugated Steel Tube Armoured Cable") con chaqueta aislada en PVC, o del tipo SWA ("Steel wire armoured cables") sin ninguna interrupción o empalme y no se permitirán cajas de distribución ni borneras intermedias en su recorrido.

Se deberá usar bandejas en acero inoxidable para servir de guía y apoyo cuando se estén concentrando varios cables para ser llevados a los gabinetes adosados.

Los reactores estarán provistos como mínimo de las protecciones electromecánicas relacionadas a continuación.

5.4.12.2 Protecciones contra la radiación solar y lluvia

Los fabricantes deberán incluir en su diseño protecciones que guarden a los instrumentos y las protecciones mecánicas, incluidas sus cajas de conexiones, de la radiación solar y la lluvia.

Los siguientes instrumentos y/o protecciones deberán disponer de estas protecciones:

- Indicadores de nivel.
- Relé Buchholz.
- Válvulas de alivio de presión.
- Relé de presión súbita.
- Desecadores regenerables.
- Relé de supervisión de hermeticidad de la bolsa del tanque de expansión.

El fabricante deberá proponer el diseño de estas protecciones para la aprobación, lo cual deberá ser tratado durante la revisión del diseño.

5.4.12.3 Válvulas de alivio de presión

Los reactores deberán estar provistos de al menos una válvula de alivio de presión según norma DIN EN 50216-5, las cuales estarán localizadas: al menos una sobre la cubierta superior del tanque principal del equipo; cada una debe ser del tamaño y presión de actuación adecuada para proteger el tanque contra una sobrepresión interna, y estarán provistas con contactos auxiliares libres de potencial para indicar su operación en el sistema de control y un dispositivo de señalización visual observable desde el piso.

Las válvulas de alivio de presión deberán garantizar que no se presente ningún derrame de aceite por roturas en el tanque, las soldaduras o los radiadores. De acuerdo con lo anterior el Fabricante deberá seleccionar su presión de actuación y la capacidad de limitación de la sobrepresión ya sea con una válvula de suficiente capacidad o con más de una válvula, lo cual deberá estar claramente soportado en un numeral del Design Review en la sección de Diseño Mecánico Interno.

Los resortes de estas válvulas deberán ser de acero, según DIN EN 15800, acero clase 1 según norma DIN EN 10270-1, con recubrimiento catódico anti-corrosión de tal forma que se garantice en todas las operaciones que después de operar la válvula deberá cerrarse automáticamente, sin presentar fugas de aceite a través de sus empaques.

El tiempo de apertura debe ser menor a 2 ms y que no se necesiten ajustes o re-calibración a lo largo de la vida útil del transformador o autotransformador.

Todo el cuerpo de la válvula y sus microconmutadores deberán estar contenidos dentro de una cubierta metálica de aluminio anodizado y pintado, resistente a la corrosión y atmósferas agresivas salinas e industriales con una salida lateral que deberá estar unida a un ducto metálico debidamente soportado, de tal forma que cuando actué la válvula, dirija el flujo de aceite liberado a presión hacia el foso o trampa de aceite.

Los microconmutadores deben ser independientes con grado de protección IP65 montados internamente sin quedar a la intemperie, deberán ser activados directamente por un vástago indicador autobloqueante, cada microconmutador deberá poseer mínimo

dos contactos normalmente abiertos libres de potencial, que saldrán a un cajetín externo con grado de protección IP65 de acuerdo con la norma IEC 60529. No se permiten conexiones a los contactos mediante conectores enchufables tipo plug o estándar NEMA.

Estos dispositivos de alivio de presión tendrán un ducto para descargar el aceite al foso colector, a una altura de 200 mm, y fijado a las paredes del tanque principal. La salida del ducto debe ser a prueba de insectos y quedar sobre el triturado del foso.

Se deberán entregar todos los protocolos de pruebas tipo y de rutina que certifiquen el cumplimiento de las especificaciones del relé de acuerdo con los estándares requeridos.

5.4.12.4 Indicador de temperatura del aceite

Los reactores deberán tener un sistema de medida de la temperatura de la parte superior del aceite en su zona más caliente, de acuerdo con la norma DIN EN 50216-11.

El indicador de la temperatura de aceite debe estar instalado dentro de un gabinete cerrado, con un visor en vidrio con filtro UV en la puerta, de tal forma que permita fácilmente su lectura desde el piso, y además estar instalado al lado de los indicadores de temperatura de los devanados.

El indicador de temperatura de aceite deberá tener como mínimo las siguientes características:

- El indicador y su cajetín metálico de terminales que deberá ser resistente a la corrosión y atmósferas agresivas salinas e industriales con grado de protección IP55 de acuerdo con la norma IEC 60529.
- Sistema de medición con resorte Bourdon, con actuación directa sobre el puntero de indicación sin la ayuda de ningún componente o acople mecánico articulado.
- Los rodamientos del eje del puntero indicador deben ser herméticos y secos libres de mantenimiento.
- Cubierta del indicador en vidrio de seguridad laminado con filtro UV.
- Deberá proveer una señal de 4 a 20 miliamperios para indicación remota.
- Debe poseer 4 contactos normalmente abiertos libres de potencial, cada uno con setting de operación ajustable de forma independiente.
- Escala de 0 a +120 grados centígrados, con puntero testigo del valor máximo registrado.

El indicador debe resistir a las solicitaciones mecánicas sin necesidad de mantenimiento establecidas según la norma IEC 60721-3-4: Clase de vibración sinusoidal estacionaria: 4M4 y vibraciones no estacionarias con un choque vertical de 100 m/s², con espectro Tipo 1.

El error no deberá ser mayor que ± 3 °C en todo el rango de medición y en condiciones de carga mínima y máxima, y no debe requerirse ajuste de calibración a lo largo de la vida útil del reactor.

Se deberán entregar todos los protocolos de pruebas tipo y de rutina que certifiquen el cumplimiento de las especificaciones y calibraciones del indicador de acuerdo con los estándares requeridos.

5.4.12.5 Indicadores de temperatura de devanados

Los reactores deberán tener sistemas de medición de la temperatura del punto más caliente de cada devanado mediante imagen térmica, según norma DIN EN 50216-11,

cuyos indicadores deben estar instalados en el mismo gabinete, al lado del indicador de temperatura del aceite como se ha descrito en el numeral anterior. El indicador de temperatura deberá tener como mínimo las siguientes características:

- El indicador y su cajetín metálico de terminales deberá ser resistente a la corrosión y atmósferas agresivas salinas e industriales con grado de protección IP55 de acuerdo con la norma IEC 60529.
- Sistema de medición con resorte Bourdon, con actuación directa sobre el puntero de indicación sin la ayuda de ningún componente o acople mecánico articulado.
- Cubierta del indicador en vidrio de seguridad laminado con filtro UV.
- Deberá proveer una señal de 4 a 20 miliamperios para indicación remota.
- Debe poseer 4 contactos normalmente abiertos libres de potencial, cada uno con ajuste de operación de forma independiente.
- Escala de 0 a +140 grados centígrados, con puntero testigo del valor máximo registrado.
- Poseer compensación por temperatura ambiente.
- La calibración de la imagen térmica se realiza en el indicador, a nivel del piso, mediante el ajuste de un potenciómetro. La curva de calibración de la imagen térmica deberá ser adosada en una placa metálica al gabinete que contiene el indicador de temperatura.
- El indicador deberá resistir a las solicitaciones mecánicas sin necesidad de mantenimiento establecidas según la norma IEC 60721-3-4: Clase de vibración sinusoidal estacionaria: 4M4 y vibraciones no estacionarias con un choque vertical de 100 m/s², con espectro Tipo 1.
- El error no deberá ser mayor que ± 3 °C en todo el rango de medición y en condiciones de carga mínima y máxima y no debe requerirse ajuste de calibración a lo largo de la vida útil del reactor.

Se deberán entregar todos los protocolos de pruebas tipo y de rutina que certifiquen el cumplimiento de las especificaciones del indicador de acuerdo con los estándares requeridos.

5.4.12.6 Relé Buchholz

El relé suministrado debe cumplir con lo estipulado en la norma DIN 42566, DIN EN-50216-1 y DIN EN 50216-2 y debe disponer de dos contactos de alarma activados por acumulación de gases de primera etapa, y dos contactos de disparo activados por acumulación de gases de segunda etapa y/o por flujo de aceite.

Este relé debe ser inmune a las vibraciones propias del reactor y estará montado en la unión del tanque principal y el de expansión, y no deberá operar erróneamente con las condiciones sísmicas dadas para el sitio de instalación.

El relé Buchholz debe estar provisto de un circuito con grifos de prueba que permita tomar muestras del gas acumulado desde el piso, y la ventanilla de observación deberá ser visible desde el piso fácilmente, escala graduada para detectar en forma visual la cantidad de gas generado.

Los contactos serán del tipo de conmutación magnética sellados herméticamente dentro de una cápsula de vidrio en una atmósfera de gas inerte seco.

Los relés deben cumplir las siguientes condiciones ambientales, según la clasificación estipulada en la norma IEC 60721-3-4:

- K - Condiciones climáticas: 4K2.
- Z - Condiciones climáticas especiales 4Z2 / 4 Z4/ 4Z7.
- B - Condiciones biológicas: 4B1.
- C - Sustancias químicamente activos: 4C2.
- S - Sustancias mecánicamente activas: 4S3.

El relé debe resistir a las sollicitaciones mecánicas sin necesidad de mantenimiento establecidas según la norma IEC 60721-3-4: Clase de vibración sinusoidal estacionaria: 4M4 y vibraciones no estacionarias con un choque vertical de 100 m/s², con espectro Tipo 1.

El relé y su cajetín metálico de terminales deberá ser resistente a la corrosión y atmósferas agresivas salinas e industriales con grado de protección igual o superior a IP55 de acuerdo con la norma IEC 60529.

El relé deberá estar diseñado para funcionar continuamente con una presión interna de 50 kPa, soportar una sobrepresión de 250 kPa durante 2 minutos y presión de vacío de 2,5 kPa durante 24 horas

El Fabricante deberá suministrar un dispositivo para la calibración en sitio de este relé.

Se deberán entregar todos los protocolos de pruebas tipo y de rutina que certifiquen el cumplimiento de las especificaciones del relé de acuerdo con los estándares requeridos.

5.4.12.7 Relé de presión súbita

El relé de presión súbita debe ser insensible a variaciones lentas de presión ocasionadas por cambios de carga y deberá operar únicamente para fallas internas. El relé deberá ser instalado en una de las paredes laterales del tanque de tal manera que este quede accesible para inspecciones o pruebas sin necesidad de desenergizar el reactor y tener una válvula de corte que permita su retiro de servicio fácilmente, además de una protección mecánica que impida que las personas se paren o se cuelguen de él.

El relé de presión súbita debe disponer mínimo de un par de contactos biestables (tipo "change- over" 1NC-1NA) con salida a cajetín de terminales. No se permite la conexión a los contactos mediante conector enchufable tipo plug o estándar NEMA.

El relé y su cajetín metálico de terminales deberá ser resistente a la corrosión y atmósferas agresivas salinas e industriales con grado de protección IP55 de acuerdo con la norma IEC 60529.

El diseño eléctrico debe incluir un relé electrónico de supervisión (relé de sello) para verificar la correcta operación de los contactos del relé.

El Fabricante deberá suministrar un dispositivo para la prueba en sitio de este relé.

Se deberán entregar todos los protocolos de pruebas tipo y de rutina que certifiquen el cumplimiento de las especificaciones del relé de acuerdo con los estándares requeridos.

5.4.12.8 Indicador de nivel de aceite

Se debe proveer un indicador de nivel según estándar DIN EN 50216-5, el cual estará montado en el tanque conservador del tanque principal, provisto de una escala de 0 a 10 que indique su nivel de llenado máximo y mínimo a 30°C; y con una inclinación de 30° respecto a la horizontal que pueda leerse fácilmente desde el piso.

La transmisión del movimiento entre el eje del brazo flotador y la aguja indicadora de la carátula será mediante un sistema axial con base en funcionamiento magnético.

Deberá disponer mínimo de un par de contactos libres de potencial para nivel máximo y mínimo, normalmente abiertos con salida a cajetín de terminales.

El indicador y su cajetín metálico de terminales deberá ser resistente a la corrosión y atmósferas agresivas salinas e industriales con grado de protección IP55 de acuerdo con la norma IEC 60529. No se permite la conexión a los contactos mediante conectores enchufables tipo plug o estándar NEMA.

El indicador deberá tener cubierta en vidrio de seguridad laminado con filtro UV.

5.4.12.9 Relé de supervisión de hermeticidad de la bolsa del tanque de expansión

El tanque conservador o de expansión deberá poseer un relé electromecánico con principio de detección por acumulación de aire o del tipo indicador de nivel por flotador, instalado en una de sus esquinas superiores, de tal forma que permita detectar la acumulación de aire por pérdida de la hermeticidad de la bolsa de neopreno y verificar el correcto llenado de aceite del tanque sin que queden burbujas de aire en el interior del tanque conservador.

El relé deberá disponer de contactos libres de potencial para indicación en sala de control, con salida a cajetín de terminales.

El relé y su cajetín metálico de terminales deberá ser resistente a la corrosión y atmósferas agresivas salinas e industriales con grado de protección IP65 de acuerdo con la norma IEC 60529. No se permite que la conexión a los contactos sea mediante conector enchufable tipo plug o estándar NEMA.

5.4.12.10 Respirador deshumectante regenerable

La parte interior de la bolsa del tanque conservador del tanque principal y el tanque conservador del compartimiento del cambiador de tomas CTBC, cuando aplique, deberán disponer de un respirador con elemento deshumectante que retire la humedad del aire que se intercambia con el ambiente. El respirador de aire deberá tener un sistema automático para la regeneración de la sílica gel, sin la necesidad de llevar a cabo la sustitución por periodos de más de 15 años.

El respirador deshumectante autoregenerable deberá estar conforme a los requerimientos de la norma DIN 42562.

Todos los componentes del respirador deshumectante regenerable deberán ser fabricados en material resistente al aceite mineral, a la corrosión salina y rayos ultravioleta, la carcasa del respirador, sus flanges de montaje, gabinete de control y tornillería deberán ser fabricadas en aluminio anodizado adecuado para su uso a la intemperie en atmósfera corrosiva salina.

El flange de conexión del respirador a la tubería de respiración del reactor deberá ser dimensionado de acuerdo a normas DIN 42562-2 y su fijación deberá ser mediante tornillos.

El elemento deshumectante deberá ir autocontenido en un cilindro en acero inoxidable o malla metálica en acero inoxidable resistente a atmósfera corrosiva salina y cubierto por

un cilindro transparente fabricado en vidrio resistente a las radiaciones solares UV o en aluminio anodizado adecuado para uso intemperie en atmosferas salinas corrosivas.

En el fondo del respirador en el punto de entrada y salida del aire se deberá disponer de un sistema de filtrado del aire que impida el ingreso de insectos, polvo u otras partículas sólidas que puedan obstruirlo.

El material del elemento deshumectante deberá ser ambientalmente amigable y no debe ser nocivo para la salud humana ni el medio ambiente.

El gabinete de control deberá ser pintado con una capa de pintura de base epóxica y una capa de acabado de poliuretano color gris RAL 7035 y deberá disponer de una resistencia de calefacción y ventilación adecuada para prevenir la condensación de agua.

Debe disponer de lámparas piloto visibles externamente que indiquen como mínimo los siguientes estados operativos: sistema en operación, regeneramiento del elemento deshumectador en proceso y falla en el sistema. Debe disponer de un sistema que permita el autodiagnóstico y la prueba de sus funciones. El proponente deberá describir detalladamente cómo se realizan estas funciones. Debe tener instalado en la salida del aire del deshumectador hacia el reactor un sensor del contenido de humedad del aire o un sistema que garantice sólo el ingreso de aire seco. Este sistema, elemento o sensor deberá ser reemplazable en campo por parte del usuario.

Con la información entregada por el sensor de humedad o sistema equivalente se deberá disponer de un sistema de control inteligente, programado de tal forma que autónomamente decida el momento óptimo para iniciar los ciclos de regeneramiento del elemento deshumectante.

El respirador deshumectante para la cuba principal del reactor deberá disponer de un sistema de monitoreo y control que impida iniciar el ciclo de regeneramiento del compartimento deshumectante en uso cuando el flujo de aire es hacia el interior del reactor y de un contacto normalmente cerrado (NC) libre de potencial para la señalización de condición anormal en el respirador y otro reversible (NC/NA) para señalar que el ciclo de regeneramiento está en curso.

La tubería de respiración entre el tanque conservador y el desecador deberá ser de acero inoxidable minimizando al máximo el número de uniones (típicamente limitado por las longitudes máximas para embalaje y transporte), sin embargo no se aceptarán más de dos uniones o juntas. Estas uniones deberán ser selladas con empaques tipo O-Ring, no se aceptan empaques planos.

5.4.12.11 Estructuras para Montaje de Descargadores de Sobretensión

El equipo debe suministrarse con los soportes adosados a las unidades para los Descargadores de Sobretensión y los contadores de descargas en todos los niveles de tensión aplicables. En el caso de 500 kV se podrá proponer una solución adosado o externa a las unidades.

5.4.13 EMPAQUES

En los transformadores de potencia, la vida útil de los empaques o juntas de nitrilo (NBR - BUNA) es de aproximadamente entre 15-20 años y por lo tanto es significativamente más corta que la vida útil esperada de los reactores, que normalmente

es de más de 30 años. El mantenimiento requerido para reemplazar las juntas en contacto con aceite en los reactores es costoso, demanda mucha logística y adicionalmente se requiere sacar de servicio la unidad (Overhaul). Por tal razón, la presente especificación contempla el uso de empaquetaduras que conserven sus características técnicas en periodos similares a la vida útil de los equipos inductivos. De acuerdo con lo anterior, se requiere que las empaquetaduras que están en contacto con aceite estén fabricadas con materiales como los cauchos fluorados (Viton), que ofrecen una relación costo-beneficio en el largo plazo y un mejor desempeño.

Las demás empaquetaduras de los accesorios de los equipos inductivos que no están en contacto con aceite aislante, pero están expuestas a la interperie (agua, aire, ozono, radiación UV), se requiere que estén fabricadas en material EPDM (Etileno propileno dieno monómero)

Todas las empaquetaduras deben ser fabricadas en una sola pieza o vulcanizadas. No se aceptan empaquetaduras unidas o pegadas.

La superficie del vulcanizado deberá ser lisa y estar libre de estrías o rayas. La estructura debe ser uniforme, pareja y libre de porosidades.

Durante el montaje de algunas piezas verticales en el armado del transformador, se requiere hacer una sujeción o pegado temporal de la empaquetadura. Con el juego de empaquetaduras se debe suministrar el mejor fijador o pegante temporal que no afecte la estructura química ni mecánica de los materiales sellantes.

5.4.14 CAMBIADOR DE TOMAS

Los transformadores o autotransformadores deberán estar equipados con un cambiador de tomas bajo carga (CTBC), con contactos del ruptor en vacío, eléctricamente operado y apropiado para control automático y manual. Sólo se aceptarán ruptores en aceite en los casos que no sea posible el suministro con ruptores en vacío por la capacidad de la corriente requerida.

En el caso que los contactos del ruptor sean para conmutación en aceite el cambiador de tomas deberá estar provisto de un sistema de filtrado en línea, el cual deberá ser del mismo Fabricante del cambiador de tomas y deberá estar provisto de una tubería para toma de muestra de aceite del cilindro del ruptor ubicada 1400 mm del piso para realizar la actividad con equipo energizado.

El cambiador de tomas deberá tener las mismas características que el transformador o autotransformador en relación con la capacidad de soportar cortocircuito, sobrecarga, niveles de aislamiento y otras características aplicables. La corriente asignada del cambiador de tomas deberá ser como mínimo 1,3 veces la que corresponde a la derivación de máxima corriente del transformador o autotransformador.

Para el cambiador de tomas se deberá suministrar un mecanismo de accionamiento con un motor de corriente alterna.

Deberá suministrarse una manivela o un volante para la operación manual del mecanismo. La manivela debe tener contactos libres de potencial para la señalización remota de la condición de manivela insertada.

El criterio para el mantenimiento del cambiador no puede ser asociado al tiempo de servicio. La primera inspección deberá ocurrir solamente después de 300.000 operaciones para ruptor en vacío y de 150.000 operaciones para ruptor en aceite, independiente del tiempo transcurrido. Cualquier inspección o mantenimiento que el fabricante del CTBC incluya en el plan de mantenimiento basados en un criterio por tiempo vs. la fecha de fabricación o la fecha de puesta en servicio durante el periodo de garantía será a su costo.

El material del cilindro aislante del compartimento del cuerpo insertable (ruptor) deberá ser de fibra de vidrio, en ningún caso se aceptará el uso de materiales como baquelita o similares.

La vida útil del cuerpo insertable (ruptor) debe ser de mínimo 1'200.000 operaciones. En caso de uso de selector en separado, el primer mantenimiento de las partes en contacto con aceite del transformador debe ser hecho con 1'500.000 operaciones.

El cambiador de tomas bajo carga debe utilizar resistencias de transición para la operación de una toma a otra. La resistencia de transición debe estar ubicada en el mismo compartimento del cuerpo insertable. El valor de la resistencia de transición debe ser claramente indicado en la placa de identificación del cambiador y mando motor.

El cambiador de tomas bajo carga debe ser suministrado con un sistema de soporte que permita soltar su fijación de la tapa del tanque principal sin que este se vaya al fondo del transformador y que pueda retornar a su posición mediante el ajuste de sus tuercas.

Debe tener un selector "LOCAL" / "REMOTO" con contactos libres de potencial para señalización. En posición LOCAL debe permitir comandos "SUBIR / BAJAR" los tomas, mediante pulsadores. En posición REMOTO, debe permitir comandos subir/bajar desde el SAS.

La indicación de la posición de tomas, se debe hacer mediante contactos libres de potencial que soporten hasta 250 Vcc, codificados en BCD y debe tener al menos tres (3) coronas de este tipo disponibles en borneras.

5.4.15 Monitoreo en línea de gases disueltos en el aceite

El Fabricante deberá incluir en su oferta en un ítem aparte un analizador electrónico en línea de gases disueltos en el aceite (hidrogeno –H-, monóxido de carbono –CO- y humedad) con todas las válvulas, tuberías, soportes y cableados necesarios. El analizador no deberá requerir de ningún insumo, consumible o cambio frecuente de partes o componentes para la realización del análisis de gases disueltos.

El analizador en línea de gases disueltos deberá poderse integrar al SAS de la subestación mediante el protocolo IEC 61850 con conector Ethernet y fibra óptica. Todo el cableado del analizador (potencia y señales) deberá ser llevado al gabinete adosado.

ISA se reserva el derecho de aceptar o rechazar la oferta. En caso que la oferta del Analizador de Gases Disueltos sea rechazada y/o no se llegue a un acuerdo con el Fabricante este

solamente será responsable de la instalación de las válvulas en el tanque principal y los soportes requeridos. Estos detalles serán informados oportunamente y se acordarán durante las reuniones de Revisión del Diseño.

6 PRUEBAS Y ENSAYOS

El Fabricante deberá cumplir los lineamientos de la última versión de las publicaciones IEC y ANSI/IEEE aplicables y presentar en su propuesta un cronograma detallado de la fabricación del equipo o los equipos. Luego de la adjudicación, este cronograma, unido al Manual de Calidad que lleva a cabo el Fabricante para controlar la fabricación de sus productos.

7 REQUISITOS PARA EVITAR LA CORROSIÓN

Todos los elementos expuestos a la intemperie deberán cumplir con los siguientes requisitos:

Los elementos de fierro o acero serán galvanizados por inmersión en caliente. Esta galvanización deberá cumplir con las normas ASTM última edición. Se usará zinc de la calidad "Intermediate" o superior, de acuerdo con las normas ASTM. Se aceptará galvanizados bajo normas de países de la Unión Europea siempre que el FABRICANTE demuestre su similitud con las normas ASTM en un cuadro comparativo e incluya en su propuesta dicha norma en español o inglés.

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 elementos de aluminio a la intemperie deben ser anodizados según normas de países de la Unión Europea o de Estados Unidos de Norteamérica. Debe ser incluida en la oferta una descripción de este tratamiento e indicarse la norma que utiliza EL FABRICANTE.

Además del galvanizado mencionado anteriormente y dependiendo del ambiente en el cual serán montados los equipos, excepto los terminales de conexión eléctrica y las superficies de contacto principales, toda otra superficie metálica deberá ser protegida con revestimientos anticorrosivos.

8 INFORMACIÓN A ENTREGAR POR EL FABRICANTE

8.1 DOCUMENTACIÓN TÉCNICA

Dentro de quince (15) días de colocada la orden de compra, EL FABRICANTE deberá suministrar cuatro (4) ejemplares en papel y una memoria USB con la información general relacionada con el equipo ordenado. En particular, se suministrarán las siguientes informaciones:

- Cuatro (4) copias de las instrucciones completas en idioma español para el montaje, puesta en servicio y mantención de los equipos, incluyendo todos los planos y catálogos del equipo.
- Cuatro (4) copias de los protocolos completos de prueba para cada equipo.
- Manual de planos y diagramas eléctricos de conexión y alambrado de los equipos, completos.

- Manuales de operación y mantención, que incluirán:
 - Manuales de partes.
 - Manual de instalación.
 - Dossier final de calidad e ingeniería incluyendo:
 - Planos de la disposición general mostrando las principales dimensiones del equipamiento suministrado, indicando como mínimo lo siguiente:
 - Plantas y elevaciones.
 - Ubicación de los componentes.
 - Espacios libres requeridos.
 - Puntos de conexión de los cables de poder. Detalle de los terminales.
 - Pesos de los equipos
 - Peso de embarque para el total y cada una de las secciones.
 - Lista de identificación conteniendo todas las designaciones del FABRICANTE para los dispositivos de fuerza, control e instrumentación del equipo.
 - Plano de la placa de datos característicos de los equipos.
 - Memorias de cálculo donde se demuestre que los equipos resisten las combinaciones de cargas producidas durante un sismo (tirón, viento y sismo) cumpliendo con las normas indicadas en el punto 4 de la presente especificación.
 - Planos mostrando tamaño y ubicación de las perforaciones para los anclajes del equipamiento, señalando las cargas estáticas y dinámicas máximas sobre la estructura de soporte.
 - Catálogos originales, planos de dimensiones, características completas.
 - Procedimientos de inspección del suministro.
 - Informe con protocolos y certificados de pruebas realizadas.
 - Listado de materiales incluidos con el suministro.
 - Instrucciones para el transporte, manejo, izado, montaje, puesta en servicio, operación, reparación y mantención del equipamiento.
 - Manual de montaje de los equipos con indicación de los torques de apriete de todos los pernos y tuercas que se instalan en la obra.
 - Hoja de datos certificada del suministro.

Además de las copias en papel requeridas, EL FABRICANTE deberá enviar los documentos indicados en archivos digitales en una memoria USB. Los archivos que se entreguen, según corresponda, deberán ser compatibles con los siguientes programas en las versiones indicadas, en caso contrario, deberá solicitarse la aprobación del PROPIETARIO, para el envío en otras versiones:

- Planos AUTOCAD 2013.
- Textos WORD 2013 o superiores.
- Planillas EXCEL 2013 o superiores.

Los documentos y planos en formato digital deberán ser enviados antes del despacho de los suministros con la finalidad de que el PROPIETARIO comente, acepte o apruebe la información enviada. Se debe prever el envío de esta información con la debida antelación, para evitar retrasos, debido a los posibles comentarios a ellos.

La información de ingeniería deberá ser escrita en español. Documentos en otro idioma no serán aceptados.

Las medidas y cálculos serán indicados en unidades del S.I. Las unidades inglesas serán aceptadas si se indica su equivalencia en el S.I.

Los planos y documentos deberán mostrar el equipo especificado. Planos típicos no serán aceptados.

EL FABRICANTE, además, deberá generar y enviar al PROPIETARIO avances semanales con el estado de fabricación del suministro.

El Fabricante deberá enviar por escrito cada dos meses un informe que recoja el avance del plan de fabricación, así como la previsión de las inspecciones internas que se incluyan en el Programa de Puntos de Inspección.

8.2 DOCUMENTACIÓN TÉCNICA QUE DEBE FACILITAR EL FABRICANTE DESPUÉS DE LAS PRUEBAS EN FÁBRICA:

El Fabricante entregará el reporte de pruebas de rutina y pruebas tipo, el libro de instrucciones y el dossier de calidad.

El libro de instrucciones contendrá las instrucciones de almacenamiento, transporte, montaje, operación y mantenimiento, así como el conjunto completo de planos y documentos del REACTOR TRIFASICO.

9 REQUERIMIENTOS DE CALIDAD

El proveedor dispondrá de un Plan de Calidad que recogerá de manera correlativa todo el proceso de fabricación, desde la recepción de los materiales hasta la puesta en destino del equipo, así como los puntos de inspección a controlar según el procedimiento interno del Fabricante. El plan de calidad o el Programa de Puntos de Inspección estará a disposición de ENGIE.

El Fabricante asignará al proyecto un Project Manager local, quien será el interlocutor de ENGIE para todos los aspectos relacionados con el suministro objeto de esta especificación.

EL PROPIETARIO se reserva el derecho de verificar los procedimientos y la documentación relativa a la fabricación de los equipos, y EL FABRICANTE se obliga a poner a su disposición estos antecedentes.

El Fabricante deberá tener en cuenta en el diseño que el reactor debe poder operar de manera continua sin restricciones bajo las condiciones de regulación de tensión máximas U_{max} previstas en la regulación local del sistema de potencia de cada país teniendo en cuenta si el reactor es de barra o de línea y que estará sometido a maniobras de conexión/desconexión frecuentes y sobretensiones de corta y larga duración. Todos los accesorios y componentes deben ser correctamente seleccionados para que no se restrinja la operación continua bajo las condiciones ambientales más exigentes de diseño (altitud y temperatura ambiente máxima) de acuerdo a las normas y a lo estipulado en el documento de requerimientos generales.



10 AUTORIZACIÓN DE EXPEDICIÓN

Previo a la expedición del suministro, el Fabricante solicitará a ENGIE la Autorización de Expedición. El proveedor se encargará de preparar y cumplir los requisitos de su emisión. ENGIE podrá emitir, en caso necesario, una Autorización de Expedición Condicional.

***** FIN DEL DOCUMENTO *****