



ET 03.359.502.6

ESPECIFICACIÓN TÉCNICA

TRANSFORMADORES DE POTENCIA PARA SUBESTACIONES DE TRACCIÓN. SISTEMA 1x25 kV

1ª EDICIÓN: MAYO 2022

CONTROL DE CAMBIOS Y VERSIONES

Revisión		Modificaciones	Puntos Revisados
Nº	Fecha		

EQUIPO REDACTOR

Grupo de Trabajo GT-301. Subestaciones.

<p>Propone:</p> <p>Grupo de trabajo GT-301 Fecha: 9 de mayo de 2022</p>	<p>Aprueba:</p> <p>Comité de Normativa Reunión de XX de XX de 2022</p>
--	---

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PÁGINA

1.- OBJETO.....	6
2.- CAMPO DE APLICACIÓN	6
3.- DEFINICIÓN DE TÉRMINOS EMPLEADOS	6
4.- DESCRIPCIÓN Y CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL PRODUCTO	6
4.1.-CONDICIONES DE SERVICIO	6
4.2.-CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS	7
4.2.1.-GRUPO DE CONEXIÓN	7
4.2.2.-AISLAMIENTO DIELECTRICO	7
4.2.3.-SISTEMA DE REFRIGERACIÓN	7
4.2.4.-POTENCIA ASIGNADA	7
4.2.5.-TENSIÓN ASIGNADA Y NIVEL DE AISLAMIENTO.....	7
4.2.6.-RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN	7
4.2.7.-TENSIÓN DE CORTOCIRCUITO.....	8
4.2.8.-PÉRDIDAS DEBIDAS A LA CARGA Y CALENTAMIENTO	8
4.2.9.-PÉRDIDAS Y CORRIENTE DE VACÍO	8
4.2.10.- APTITUD PARA SOPORTAR CORTOCIRCUITOS.....	9
4.2.11.- FRECUENCIA.....	9
4.2.12.- RENDIMIENTO.....	9
4.2.13.- NIVEL DE RUIDO	9
4.2.14.- CLASE DE SERVICIO	9
4.3.-CARACTERÍSTICAS DIMENSIONALES Y PESOS	9
4.4.-CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS.....	10
4.4.1.-RADIADORES.....	10
4.4.2.-CUBA Y TAPAS.....	10
4.4.3.-BOBINADOS.....	10
4.4.4.-CIRCUITO MAGNÉTICO	10
4.4.5.-CAJA DE CENTRALIZACIÓN DE PROTECCIONES	10
4.4.6.-PASATAPAS	11
4.4.7.-LÍNEAS DE FUGA	11
4.4.8.-TORNILLERÍA.....	11
4.5.-ACCESORIOS	11
4.5.1.-EQUIPAMIENTO.....	11
4.5.2.-ELEMENTOS DE TRANSPORTE	12
4.5.3.-REGULADOR BAJO CARGA.....	12
4.5.4.-PROTECCIÓN	13
4.6.-MARCAS DE FABRICACIÓN	13
4.7.-CARACTERÍSTICAS DE LA PROTECCIÓN ANTICORROSIVA	14
4.8.-CARACTERÍSTICAS DEL LÍQUIDO AISLANTE	14
4.9.-TOLERANCIAS.....	14
4.10.- REQUISITOS PREVIOS	15
5.- CONTROL DE LA CALIDAD Y ENSAYOS	15

5.1.-GEOMÉTRICOS.....	15
5.1.1.-VERIFICACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DIMENSIONALES Y PESOS.....	15
5.2.-ENSAJO DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LA PINTURA.....	15
5.2.1.-CAPA DE IMPRIMACIÓN.....	16
5.2.2.-CAPA DE ACABADO.....	16
5.2.3.-PINTURA.....	16
5.3.-ENSAJO DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL LÍQUIDO DIELECTRICO (ACEITE).....	17
5.4.-ELÉCTRICOS.....	17
5.4.1.-COMPROBACIÓN DE LA CAPACIDAD DEL TRANSFORMADOR PARA SOPORTAR EL CICLO DE CARGA ESTIPULADO Y MEDIDA DE CALENTAMIENTO.....	17
5.4.2.-ENSAJO DE APTITUD PARA SOPORTAR CORTOCIRCUITOS.....	18
5.4.3.-ENSAJO CON IMPULSO TIPO RAYO CORTADO (LIC).....	19
5.4.4.-ENSAJO CON IMPULSO TIPO MANIOBRA (SI).....	19
5.4.5.-ENSAJO DE TENSIÓN APLICADA A FRECUENCIA INDUSTRIAL (AV).....	19
5.4.6.-ENSAJO DE TENSIÓN ALTERNA SOPORTADA SOBRE UN BORNE DE LÍNEA (LTAC).....	20
5.4.7.-ENSAJO DE TENSIÓN INDUCIDA CON MEDIDA DE DESCARGAS PARCIALES (IVPD).....	20
5.4.8.-MEDIDA DE LA RESISTENCIA DE LOS ARROLLAMIENTOS.....	20
5.4.9.-MEDIDA DE LA RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN Y VERIFICACIÓN DE LA POLARIDAD.....	20
5.4.10.- MEDIDA DE LAS PÉRDIDAS Y DE LA CORRIENTE DE VACÍO.....	20
5.4.11.- MEDIDA DE LAS PÉRDIDAS DEBIDAS A LA CARGA Y LA TENSIÓN DE CORTOCIRCUITO.....	20
5.4.12.- MEDIDA DE LA RESPUESTA EN FRECUENCIA (FRA).....	20
5.4.13.- MEDIDA DE LA RESISTENCIA DE AISLAMIENTO EN ARROLLAMIENTOS Y NÚCLEO.....	20
5.4.14.- MEDIDA DEL FACTOR DE POTENCIA, DE LA CAPACIDAD Y DE LA TANGENTE DE DELTA.....	20
5.5.-OTROS.....	21
5.5.1.-VERIFICACIÓN DE LA PLACA DE CARACTERÍSTICAS.....	21
5.5.2.-COMPROBACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN.....	21
5.5.3.-MEDIDA DEL NIVEL DE RUIDO.....	21
5.5.4.-ENSAYOS CON LOS CAMBIADORES DE TOMAS EN CARGA Y VERIFICACIÓN.....	21
5.5.5.-MEDIDA DEL AISLAMIENTO DEL CABLEADO AUXILIAR Y DE LA CAJA DE BORNAS.....	21
6.- VALIDACIÓN.....	21
6.1.-CONDICIONES GENERALES.....	21
6.2.-CONDICIONES DE LOS LABORATORIOS DE ENSAYO.....	22
6.3.-SEGUIMIENTO DEL PROCESO DE VALIDACIÓN.....	22
6.4.-CRITERIOS DE SELECCIÓN Y PROPORCIÓN DE LAS MUESTRAS A ENSAYAR.....	24
6.5.-RELACIÓN DE ENSAYOS DE VALIDACIÓN Y TIPO DE LABORATORIO.....	24
7.- RECEPCIÓN.....	25
7.1.-CONDICIONES GENERALES.....	25
7.2.-CRITERIOS DE SELECCIÓN Y PROPORCIÓN DE LAS MUESTRAS A ENSAYAR.....	26
7.3.-LUGAR DE LOS ENSAYOS.....	26
7.4.-RELACIÓN DE ENSAYOS DE RECEPCIÓN.....	26
7.5.-CRITERIOS DE ACEPTACIÓN Y RECHAZO.....	27

8.- CONDICIONES DE TRANSPORTE, EMBALAJE Y ETIQUETADO	27
9.- GARANTÍAS	27
10.-NORMATIVA DEROGADA	27
11.-DISPOSICIONES TRANSITORIAS Y ENTRADA EN VIGOR	28
12.-NORMATIVA DE REFERENCIA.....	28

BORRADOR

1.-OBJETO

La presente especificación tiene por objeto definir las características técnicas y fijar las condiciones de validación y suministro de los transformadores de potencia monofásicos sumergidos en aceite para el sistema de electrificación de tensión 1x25 kV en Adif y Adif AV, en adelante Adif.

2.-CAMPO DE APLICACIÓN

Esta Especificación se aplica a los transformadores de potencia monofásicos sumergidos en aceite que se instalan en el parque de intemperie de las subestaciones de tracción para líneas electrificadas con el sistema 1x25 kV de corriente alterna. Estos transformadores de tracción se instalan para dar servicio a la línea aérea de contacto.

En todo lo no expresamente indicado en esta Especificación Técnica, le será de aplicación lo contenido en las normas de referencia indicadas en el apartado 12.

3.-DEFINICIÓN DE TÉRMINOS EMPLEADOS

Los términos técnicos empleados se encuentran definidos en las normas de referencia indicadas en el apartado 12. Dichas normas tienen carácter complementario de la presente especificación técnica mientras no la contradigan.

El resto de términos se definen a continuación.

Entidad Técnica de Seguimiento. Organismo o empresa independiente del fabricante y/o proveedor, cuya responsabilidad será dar seguimiento al proceso, según el Procedimiento para la validación de productos ferroviarios vigente, desde su inicio hasta su finalización, verificando que se cumplen todos los requisitos de la presente especificación. Los requisitos concretos que debe cumplir se recogen en el apartado 6.3.

4.-DESCRIPCIÓN Y CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL PRODUCTO

4.1.-CONDICIONES DE SERVICIO

Las condiciones de servicio de los transformadores conectados a redes de 132, 220 ó 400 kV serán las indicadas en la siguiente tabla.

Tipo de servicio	Continuo
Tipo de instalación	Intemperie
Temperatura ambiente máxima	+40°C
Temperatura ambiente mínima	-25°C
Temperatura ambiente media máxima (24 h)	+35°C
Humedad relativa media máxima (24 h)	95 %
Humedad relativa media máxima (1 mes)	90 %
Altitud máxima sobre el nivel del mar	1.000 m
Velocidad máxima del viento	120 km/h

Tabla 1. Condiciones generales de servicio

Estas condiciones podrán verse modificadas en casos puntuales en los que se demuestre que las condiciones de servicio de la ubicación difieren de las aquí expuestas.

4.2.-CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS

4.2.1.-Grupo de conexión

El grupo de conexión del transformador será Ii0.

4.2.2.-Aislamiento dieléctrico

El aislamiento dieléctrico del transformador será aceite mineral.

4.2.3.-Sistema de refrigeración

El modo de refrigeración será de tipo natural – ONAN.

4.2.4.-Potencia asignada

Las potencias asignadas de los arrollamientos primario y secundario de los transformadores objeto de esta especificación serán de 30 MVA.

4.2.5.-Tensión asignada y nivel de aislamiento

Las tensiones asignadas a los arrollamientos del transformador se corresponderán con las indicadas en la siguiente tabla.

ARROLLAMIENTO	TENSIÓN ASIGNADA (kV)	NIVEL DE AISLAMIENTO (kV)
Secundario	27,5	52
Primario	132	145
	220	245
	405	420

Tabla 2. Niveles de tensión, niveles de aislamiento

4.2.6.-Relación de transformación

Los transformadores se compondrán de 1 devanado primario y 1 devanado secundario.

La relación de transformación será regulable en carga mediante tomas en el arrollamiento primario en escalones de los valores indicados a continuación:

- $132 \pm 8 \% / 27,5 \text{ kV}$
- $220 \pm 8 \% / 27,5 \text{ kV}$
- $405 \pm 7,4 \% / 27,5 \text{ kV}$

El regulador en carga del transformador dispondrá de 21 posiciones. La variación de tensión entre 2 tomas consecutivas del regulador será:

- 0,8 % para los transformadores de 132 kV y 220 kV
- 0,74 % para el transformador de 405 kV

La toma principal corresponderá con los valores de tensión asignada del arrollamiento.

Todas las tomas serán de plena potencia.

4.2.7.-Tensión de cortocircuito

Las tensiones de cortocircuito, referidas a 75°C, entre arrollamientos serán las indicadas en la siguiente tabla.

POTENCIA		U_{cc} %
30 MVA	AT-BT	10 % (base 30 MVA)

Tabla 3. Tensión de cortocircuito

4.2.8.-Pérdidas debidas a la carga y calentamiento

Las pérdidas asignadas máximas debidas a la carga y referidas a 75°C serán las indicadas en la siguiente tabla:

POTENCIA DEL TRANSFORMADOR	TENSIÓN MAS ELEVADA		
	145 kV	245 kV	420 kV
30 MVA	100		

Tabla 4. Pérdidas debidas a la carga (kW)

Los valores máximos de calentamiento admisibles son los siguientes:

- Calentamiento de la parte superior del aceite: 60 K.
- Calentamiento medio del arrollamiento: 65 K.

La temperatura ambiente máxima de funcionamiento del transformador será la indicada en la Tabla 1.

4.2.9.-Pérdidas y corriente de vacío

Las pérdidas asignadas máximas de vacío del transformador, en función de la tensión más elevada serán las indicadas en la siguiente tabla:

POTENCIA DEL TRANSFORMADOR	TENSIÓN MAS ELEVADA		
	145 kV	245 kV	420 kV
30 MVA	18	19	25

Tabla 5. Pérdidas de vacío (kW)

Las intensidades de vacío máximas admisibles serán conformes a las indicadas en la siguiente tabla:

POTENCIA DEL TRANSFORMADOR	NIVEL DE TENSIÓN		
	90 % U	100 % U	110 % U
30 MVA	0,14	0,17	0,66

Tabla 6. Intensidades de vacío (kW)

4.2.10.-Aptitud para soportar cortocircuitos

El transformador de tracción, junto con su equipamiento y accesorios, deberá estar diseñado y construido para soportar durante su funcionamiento los cortocircuitos que eventualmente puedan producirse en el servicio de tracción. El transformador deberá soportar la siguiente secuencia de reenganches en caso de cortocircuito 0-1s-C0-15s-C0-2min-C0-2min-C0. Este ciclo deberá ser soportado dos veces con 900 segundos de separación, en cumplimiento de los requisitos definidos en el apartado 3.2.6 de la norma UNE-EN 60076-5.

4.2.11.-Frecuencia

La frecuencia asignada del transformador es de 50 Hz.

4.2.12.-Rendimiento

El rendimiento del transformador a plena carga y factor de potencia la unidad, será igual o superior a los valores indicados en la siguiente tabla:

POTENCIA DEL TRANSFORMADOR	NIVEL DE TENSIÓN		
	132 kV	220 kV	405 kV
30 MVA	> 99,5 %		

Tabla 7. Rendimiento del transformador a plena carga y $\cos \varphi=1$

4.2.13.-Nivel de ruido

El límite del nivel de potencia acústica (L_{wa}) de los transformadores será de 86 dB(A).

4.2.14.-Clase de servicio

La clase de servicio del transformador corresponderá con la clase normalizada IXB, tal como se define en el anexo A de la norma UNE-EN 50329.

El ciclo de carga, asociado a dicha clase de servicio, implica las capacidades acumulativas indicadas en la siguiente tabla:

IDENTIFICACIÓN	p.u. DE I_b	p.u. DE I_N	CONDICIÓN INICIAL	DURACIÓN	INTERVALO
a	1	0,658	-----	Cont.	-----
b	2	1,315	a	2 h	3 h
c	3	1,937	b	300 s	1.800 s

Tabla 8. Clase de servicio IXB

4.3.-CARACTERÍSTICAS DIMENSIONALES Y PESOS

Los transformadores deberán poseer las dimensiones y peso máximos expresados en la siguiente tabla:

TENSIÓN 132, 220 Y 405 kV				
POTENCIA	PESO TOTAL (kg) (INCLUIDO ACEITE)	LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ALTO (mm)
30 MVA	115.000	8.700	5.500	9.800

Tabla 9. Características dimensionales y peso del transformador

4.4.-CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS

4.4.1.-Radiadores

Serán de acero cubierto por un baño de zinc con doble inmersión, estarán pintados según se indica en el apartado 4.7 e incluirán:

- Válvulas para los radiadores.
- Tornillos de purga y vaciado de los radiadores.

4.4.2.-Cuba y tapas

Formadas por chapa de acero laminada en caliente, decapada, reforzada con perfiles, resistente al vacío de 0,7 milibares y a una sobrepresión interna de 500 milibares.

La cuba deberá estar provista de dos válvulas para tratamiento, vaciado y tomas de muestras de aceite (1 inferior y 1 media).

Su diseño permitirá, previo vaciado del aceite y levantamiento de las tapas necesarias, la inspección y comprobación del estado de compresión de los separadores de las bobinas en toda su longitud y proceder a su eventual reapretado por personal especializado.

4.4.3.-Bobinados

Estarán robustamente fijados para poder resistir eficazmente los esfuerzos electro-mecánicos provocados por eventuales cortocircuitos.

Serán de cobre electrolítico, concéntricos, independientes y aislados entre sí.

Entre los bobinados de A.T. (primario) y B.T. (secundario) podrá instalarse una pantalla electrostática para evitar el efecto capacitivo entre ambos. Esta pantalla estará conectada a un borne de tipo pasante, situado en la tapa del transformador para su conexión a tierra.

Los aislamientos de los bobinados serán de clase 105 (anteriormente clase A), según la norma UNE-EN 60085.

4.4.4.-Circuito magnético

Estará formado por columnas de igual sección a la de las culatas, construidas en láminas magnéticas de grano orientado laminado en frío.

Las uniones de columnas con las culatas serán a 45 grados y solapadas para reducir las pérdidas en vacío y el nivel de ruido.

El circuito magnético estará puesto a tierra a través de la cuba mediante conexiones de cobre flexibles y desmontables para posibilitar las medidas de aislamiento.

Los aislamientos del circuito magnético serán de clase 130 (anteriormente clase B), según la norma UNE-EN 60085.

4.4.5.-Caja de centralización de protecciones

Todos los dispositivos de protección se cablearán hasta una regleta de bornas finales situada en una caja con clase de protección IP 54. Todos los terminales deberán quedar identificadas de forma indeleble.

4.4.6.-Pasatapas

Los pasatapas del transformador estarán provistos de terminales, estando correctamente dimensionados para la corriente a transportar y la clase de servicio del transformador.

Los pasatapas satisfarán los requisitos de la norma UNE-EN 60137, estarán dimensionados de forma que sean capaces de soportar las solicitaciones dieléctricas, térmicas y mecánicas derivadas de los ensayos referidos en la presente especificación y estarán provistos de terminales.

4.4.7.-Líneas de fuga

Las distancias de aislamiento y las líneas de fuga mínimas se determinarán de acuerdo a las normas UNE-EN 50124-1 Y UNE-EN 60076-3.

4.4.8.-Tornillería

Los elementos de sujeción, tornillos, tuercas, etc., serán de acero inoxidable, acero cubierto por un baño de zinc u otro medio de protección anticorrosivo que Adif considere.

4.5.-ACCESORIOS

4.5.1.-Equipamiento

Los transformadores incluirán al menos los siguientes elementos:

- 2 bornas en el lado de A.T. y 2 bornas en el lado de B.T. Si el transformador dispone de pantalla electrostática entre los bobinados de A.T. y B.T. existirá una borna adicional en el lado de B.T.
- Un depósito de expansión, provisto de las correspondientes tuberías, válvulas y soportes necesarios, así como de válvulas de llenado y vaciado, purga, toma de muestras, válvulas de independización y demás accesorios necesarios.
- Un indicador de nivel del aceite en el depósito de expansión con indicación de niveles máximo y mínimo. Los indicadores de nivel del aceite dispondrán de dos contactos de alarma y dos contactos de disparo.
- Regulador bajo carga descrito en el apartado 4.5.3 de la presente especificación.
- Indicador de nivel del aceite para regulador.
- Desecador de aire con carga de silicagel recuperable.
- Equipo de refrigeración constituido por radiadores, según se describe en el apartado 4.4.1 de la presente especificación.
- Caja de conexiones centralizadas.
- Armario de control del regulador de tomas con centralización de bornas.
- Cableado interno entre los diferentes armarios de interconexión y control.
- Cableado interno de interconexión de los armarios con los elementos de supervisión.
- Cableado de cobre flexible con aislamiento de polietileno reticulado, libre de halógenos y opacidad reducida, con cubierta de PVC con carga de grafito contra rayos ultravioleta, montados en soportes y separados de la cuba y de la tapa donde la densidad de corriente máxima sea inferior a 1 A/mm².
- Conservador de aceite de dos cámaras.
- Tubería de rellenado de aceite.
- Tubería de vaciado de conservador.

- Boca de hombre para depósito conservador.
- Tuberías de expansión para transformador y regulador.
- Válvulas de filtrado.
- Válvula de vaciado rápido.
- Válvula de vaciado total.
- Válvula de toma de muestras.
- Bornas para conexión a tierra.
- Placa de características según el apartado 4.6. de la presente especificación.

Todos los contactos de alarma y de disparo serán conmutados e independientes entre sí y dispondrán de bornas independientes en la caja de centralización de protecciones.

4.5.2.-Elementos de transporte

El transformador constará de los siguientes elementos de transporte:

- Tren de rodadura con su bastidor y ruedas.
- 4 ruedas con bloqueo que permitan el desplazamiento longitudinal y transversal del transformador para carril de 64 kg y distancia de ancho U.I.C.
- Patillas de arrastre y fijación del transformador.
- Apoyos para gatos de elevación.
- Ojales y ganchos para elevación separada o conjunta de la tapa y de la parte activa de la cuba o del transformador completo.
- Juntas ciegas para transporte.

4.5.3.-Regulador bajo carga

El regulador bajo carga tendrá por misión compensar las eventuales variaciones de tensión que se produzcan en la alimentación procedente de la compañía suministradora pero no por variación de la carga, por lo que la actuación del regulador se realizará de forma temporizada, de manera que no actúe en caso de variaciones rápidas y transitorias.

El regulador se accionará mediante un motor eléctrico de 60Vcc ó 125 Vcc (de acuerdo a la tensión de control de la subestación donde se instale) a distancia desde la sala de control de la subestación. No dispondrá de maneta de control local-remoto y la indicación remota de la posición de las tomas se realizará mediante los dispositivos siguientes:

- Mediante dispositivo conversor a BCD, o mediante dispositivo convertidor a señal analógica de 4-20 mA, o directamente mediante cables aislados hasta el edificio de control de la Subestación.

Adif decidirá cuál de las tres alternativas se utilizará para dar información al inicio de la fabricación.

La indicación remota de la posición de la toma del regulador solamente se realizará mediante cables aislados cuando sea solicitado expresamente por Adif.

El regulador dispondrá de contactos auxiliares libres de potencial, para indicación remota del funcionamiento del motor, de su posición y de su estado local-remoto. Estos contactos serán conmutados e independientes entre sí y dispondrán de bornas también independientes en la caja de centralización de protecciones.

4.5.4.-Protección

Cada transformador dispondrá de los siguientes accesorios de protección:

- Termómetro de contacto, dotado de aguja de arrastre para indicación de máxima temperatura y 4 contactos: 2 para alarma y 2 para disparo. El termómetro incluirá una sonda PT 100.
- Imagen Térmica, dotada de aguja de arrastre para indicación de máxima temperatura y 4 contactos: 2 para alarma y 2 para disparo. Incluirá, instalado en una de las bornas, un transformador de corriente con secundario de 2 A, al que se conectará un dispositivo de medida.
- Termostatos para temperatura máxima dotados de 2 contactos para alarma y 2 para disparo.
- Transformador de intensidad monofásico, 200/5 A, 5P10-15 VA, con caja de conexión IP54 y aislamiento 3 kV para protección de cuba.
- Relé Buchholz de tres (3) pulgadas según UNE-EN 50216-2, con contactos de alarma por flotador y disparo por movimiento de chapaleta, accionada por fuerte corriente de aceite (2 contactos para alarma y 2 para disparo, libres de potencial).
- Relé Buchholz de una (1) pulgada para protección del regulador en carga, con 2 contactos para alarma y 2 para disparo por chapaleta accionada por corriente de aceite, libres de potencial.
- Válvula de sobrepresión con dos contactos de disparo.
- Conjunto de zapatas aislantes y no higroscópicas para mantener aislado el transformador de tierra.

Todos los contactos de alarma y de disparo serán conmutados e independientes entre sí y dispondrán de bornas independientes en la caja de centralización de protecciones.

4.6.-MARCAS DE FABRICACIÓN

Cada transformador llevará una placa de características de acero inoxidable, fijada en lugar visible y que recoja las indicaciones enumeradas a continuación. Las inscripciones sobre la placa de características estarán marcadas de forma indeleble y serán las siguientes:

- Nº de la presente especificación
- Referencia a las normas que aplican
- Tipo: transformador de tracción directamente acoplado
- Instalación exterior
- Norma(s) de fabricación
- Nombre del fabricante
- Número de serie del fabricante
- Año de fabricación
- Nivel de ruido
- Potencia asignada para cada arrollamiento (kVA o MVA)
- Número de fases
- Frecuencia asignada (en Hz)
- Clase de servicio
- Tabla indicando la tensión, la corriente y la potencia para todas las tomas
- Corrientes asignadas (A o kA)
- Corriente de vacío

- Extracorrente de conexión
- Factores de potencia de cortocircuito
- Símbolo de acoplamiento
- Esquema de conexión del transformador
- Esquema de conexiones del regulador en carga
- Impedancia de cortocircuito, valores para la toma principal y por lo menos para las tomas extremas, expresadas en tanto por ciento, para cada combinación de dos arrollamientos
- Tipo de refrigeración
- Masa total
- Masa del aceite dieléctrico
- Masa para el transporte
- Masa de desencubado
- Anotación abreviada de los niveles de aislamiento
- Temperatura máxima ambiente
- Calentamiento máximo en la parte superior del aceite
- Calentamiento medio máximo en los arrollamientos

Además de la placa principal de características, el transformador llevará placas con la identificación y características de los equipos auxiliares de acuerdo con las normas aplicables para dichos equipos.

4.7.-CARACTERÍSTICAS DE LA PROTECCIÓN ANTICORROSIVA

Las superficies y los accesorios externos del transformador y las superficies internas que no estén sumergidas en el aceite deben tener una adecuada protección anticorrosiva, que deberá ser además resistente a la acción del líquido dieléctrico empleado (aceite).

Se deberá garantizar que el espesor total de la protección anticorrosiva no será inferior a 170 μm .

La preparación de las superficies debe hacerse por medio de tratamientos mecánicos (chorro de arena o granalla) o químicos (fosfatado).

No se establece procedimiento alguno de pintura. No obstante la pintura debe cumplir los requisitos especificados en el apartado 5.2 de ensayos.

4.8.-CARACTERÍSTICAS DEL LÍQUIDO AISLANTE

El aceite utilizado para el primer llenado será no inhibido, marcado como U, con las características indicadas en la norma UNE-EN 60296.

4.9.-TOLERANCIAS

Las tolerancias generales aplicables a algunas de las magnitudes asignadas y a otras magnitudes que puedan ser objeto de garantía del fabricante serán las indicadas en la tabla 10, que corresponden con las indicadas en la Norma UNE-EN 60076-1.

Un transformador se considera que cumple con la presente Especificación Técnica cuando las magnitudes sometidas a tolerancias se encuentran dentro de las tolerancias dadas en la siguiente tabla.

MAGNITUD	TOLERANCIAS
Pérdidas totales	+10 % de las pérdidas totales
Pérdidas parciales	+15 % de cada una de las pérdidas parciales a condición de no sobrepasar la tolerancia de las pérdidas totales
Relación de transformación en vacío en la toma principal para un primer par especificado de arrollamientos	±0,5 % de la relación especificada
Tensión de cortocircuito:	±7,5 % del valor especificado
Corriente de vacío	+30 % del valor especificado

Tabla 10. Tolerancias

4.10.-REQUISITOS PREVIOS

El fabricante, para poder suministrar materiales a Adif, deberá tener implantado un sistema de calidad que garantice el control sistemático en todos los procesos de fabricación de los transformadores, prestando especial atención a la trazabilidad de los materiales, de acuerdo a la serie de normas ISO-9000 o similar.

Deberá también tener implantado un sistema de gestión medioambiental, de acuerdo a la serie de normas ISO-14001 o similar.

5.-CONTROL DE LA CALIDAD Y ENSAYOS

5.1.-GEOMÉTRICOS

5.1.1.-Verificación de las características dimensionales y pesos

Se comprobará que las dimensiones y pesos de los transformadores de potencia se adecúan a las indicadas en la tabla 9.

5.2.-ENSAYO DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LA PINTURA

Los ensayos, tanto de la capa de imprimación como de la de acabado, deben realizarse sobre probetas, secando la pintura en el mismo tiempo y con el mismo procedimiento empleado en el secado de las capas que se dan al transformador.

La capa de acabado debe tener un espesor mínimo de 40 µm, debe aplicarse sobre la capa de imprimación, siendo necesario conseguir entre ambas capas un espesor mínimo de 80 µm.

El material empleado en la fabricación de las probetas, así como los métodos de preparación de las superficies de las mismas, antes de aplicar los recubrimientos que van a ser objeto del ensayo, deben ser los especificados en la norma UNE-EN ISO 1514.

La preparación de las superficies de las probetas utilizadas en los ensayos de espesor y de niebla salina, debe realizarse con los mismos procedimientos empleados en las distintas partes del transformador.

En el ensayo de niebla salina no debe producirse corrosión ni ampollas sobre la superficie de la probeta ensayada. El avance de la corrosión debe ser inferior a 2 mm sobre un aspa marcada en el centro.

Todos los ensayos que se describen a continuación deben realizarse después de que hayan

transcurrido al menos 7 días desde el pintado de las probetas.

5.2.1.-Capa de imprimación

Sobre la capa de imprimación se realizarán los ensayos recogidos en la siguiente tabla, debiendo encontrarse los resultados dentro de los valores límites expuestos en la misma:

ENSAYO	UNIDAD	VALOR LÍMITE	MÉTODO DE ENSAYO
Impacto directo (bola 20 mm \emptyset)	cm	mínimo 40	UNE-EN ISO 6272-1
Embutición	mm	mínimo 4	UNE-EN ISO 1520
Plegado (mandril de 10 mm)	-----	Apto	UNE-EN ISO 1519
Dureza Persoz	s	mínimo 160	UNE-EN ISO 1522
Adherencia	GT	≤ 1	UNE-EN ISO 2409
Espesor	μm	mínimo 40	UNE-EN ISO 2808

Tabla 11. Ensayos sobre la capa de imprimación

5.2.2.-Capa de acabado

Sobre la capa de acabado se realizarán los ensayos recogidos en la siguiente tabla, debiendo encontrarse los resultados dentro de los valores límites expuestos en la misma:

ENSAYO	UNIDAD	VALOR LÍMITE	MÉTODO DE ENSAYO
Impacto directo (bola 20 mm \emptyset)	cm	mínimo 40	UNE-EN ISO 6272-1
Embutición	mm	mínimo 4	UNE-EN ISO 1520
Plegado (mandril de 10 mm)	-	Apto	UNE-EN ISO 1519
Dureza Persoz	s	mínimo 180	UNE-EN ISO 1522
Adherencia	GT	≤ 1	UNE-EN ISO 2409
Brillo (cabezal 60°/60°)	-----	mínimo 80 %	UNE-EN ISO 2813
Niebla salina	h	400	UNE-EN ISO 9227
Espesor	μm	mínimo 40	UNE-EN ISO 2808

Tabla 12. Ensayos sobre la capa de acabado

5.2.3.-Pintura

Una vez pintado el transformador, con el color RAL corporativo de Adif, se realizarán los ensayos recogidos en la siguiente tabla, debiendo encontrarse los resultados dentro de los valores límites expuestos en la misma:

ENSAYO	UNIDAD	VALOR LÍMITE	MÉTODO DE ENSAYO
Espesor	μm	mínimo 60	UNE-EN ISO 2808
Espesor medio	μm	mínimo 90	UNE-EN ISO 2808
Brillo (cabezal 60°/60°)	-	mínimo 70 %	UNE-EN ISO 2813
Adherencia	GT	≤ 1	UNE-EN ISO 2409

Tabla 13. Ensayos sobre la pintura del transformador

5.3.-ENSAYO DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL LÍQUIDO DIELECTRICO (ACEITE)

Los valores límites para el aceite extraído del transformador dentro de los primeros 30 días después del llenado y antes de someterlo a carga alguna, deben ser los indicados en la siguiente tabla de conformidad con la norma UNE-EN 60422.

CARACTERÍSTICAS	VALOR LÍMITE	MÉTODO DE ENSAYO
Contenido en agua	≤ 10 mg/kg	UNE-EN 60814
Índice de neutralización	$\leq 0,03$ mg KOH/g	UNE-EN 62021-1
Tensión entre fase	≥ 35 mN/m	ASTM D971-12
Factor de pérdidas dieléctricas a 90 °C, $\tan \delta$	$\leq 0,010$	UNE-EN 60247
Tensión de ruptura	> 60 kV	UNE-EN 60156

Tabla 14. Ensayos de las características del líquido dieléctrico (aceite)

Se comprobará además que el aceite no contenga azufre corrosivo mediante el ensayo indicado en la norma UNE-EN 62535.

5.4.-ELÉCTRICOS

Los ensayos se efectuarán a una temperatura ambiente comprendida entre 10 y 40°C.

Todos los elementos constitutivos y accesorios externos del transformador durante el ensayo estarán colocados en su sitio y operativos.

Los arrollamientos con tomas se conectarán a su toma principal, a menos que se especifique otra cosa en el apartado relativo al ensayo de que se trate.

Para todas las características distintas a las de aislamiento, los ensayos están basados en las condiciones asignadas, a menos que se especifique otra cosa en el apartado relativo al ensayo de que se trate.

Todos los sistemas de medida utilizados en los ensayos tendrán certificados, precisión conocida y serán calibrados periódicamente.

Cuando se especifica que los resultados de los ensayos se referirán a una temperatura de referencia, esta será de 75°C.

Las tensiones a aplicar en los distintos ensayos eléctricos son las indicadas en la siguiente tabla:

TENSIÓN ASIGNADA	TENSIÓN DE AISLAMIENTO ASIGNADA	TENSIÓN APLICADA	IMPULSO TIPO RAYO CORTADO
27,5 kV	52 kV (Valor eficaz)	105 kV (Valor eficaz)	250 kV (Valor de cresta)

Tabla 15. Tensiones de ensayo dieléctricos

5.4.1.-Comprobación de la capacidad del transformador para soportar el ciclo de carga estipulado y medida de calentamiento

El ensayo de capacidad para soportar el ciclo de carga se realizará conforme a lo especificado en la norma UNE-EN 50329. El ensayo de medida del calentamiento se realizará conforme a lo especificado en la norma UNE-EN 60076-2.

El máximo calentamiento en la parte superior del aceite y el calentamiento de los arrollamientos será como máximo el valor indicado en el apartado 4.2.8.

Ambos ensayos se realizarán, con el transformador en condiciones de cortocircuito, de forma conjunta, sin interrupciones y con la secuencia indicada en la siguiente tabla:

CONDICIONES CONSTANTES DE ALIMENTACIÓN	DURACIÓN DE LA ALIMENTACIÓN	MEDIDA A REALIZAR
Ensayo de Calentamiento (UNE-EN 60076-2)		
1 x Pérdidas en Carga + 1 x Pérdidas en vacío	Hasta la estabilización de la temperatura del aceite (máxima variación de 1 K por hora durante 3 horas)	Calentamiento del aceite en la parte superior
Intensidad asignada	1 hora	Calentamiento de los arrollamientos
Ensayo de sobrecarga (UNE-EN 50329)		
0,658 x Pérdidas en Carga + 1 x Pérdidas en vacío	Hasta la estabilización de la temperatura del aceite (máxima variación de 1 K por hora durante 3 horas)	No se realiza medición alguna
1,315 x Pérdidas en Carga + 1 x Pérdidas en vacío	2 horas	Calentamiento del aceite en la parte superior
0,658 x Intensidad asignada	Hasta la estabilización de la temperatura de los arrollamientos	No se realiza medición alguna
1,315 x Intensidad asignada	2 horas	Calentamiento de los arrollamientos
1,937 x Intensidad asignada (*)	5 minutos	Calentamiento de los arrollamientos

Tabla 16. Secuencia de ensayos de comprobación de la capacidad del transformador para soportar el ciclo de carga estipulado y medida del calentamiento

(*) Para este nivel de carga se tendrá en cuenta lo indicado en la norma UNE-IEC 60076-7. El calentamiento medio de los arrollamientos no superará 80 K sobre el ambiente. Si las medidas de temperatura en este nivel no fueran factibles, se admitirá que puedan ser determinadas mediante cálculo.

5.4.2.-Ensayo de aptitud para soportar cortocircuitos

El fabricante deberá demostrar la aptitud del transformador para soportar los efectos térmicos y dinámicos de los cortocircuitos mediante ensayo, no se admitirá únicamente por cálculo. Este ensayo podrá ser realizado en un transformador similar, siempre que haya sido diseñado conforme a la presente ET y que haya cumplido todos los criterios de validación requeridos. Se considera similar un transformador según se describe en el Anexo B de la Norma UNE-EN 60076-5.

El fabricante calculará la intensidad de cortocircuito simétrica que soportará el transformador y que deberá tener en cuenta para el diseño del mismo.

Para este cálculo se considerarán los valores de corriente de cortocircuito de la red de transporte indicados en la siguiente tabla:

TENSIÓN NOMINAL (kV)	CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO (KA)
132	40
220	40
400	50

Tabla 17. Corriente de cortocircuito en el lado AT

Antes de la fabricación del prototipo, el fabricante del transformador presentará los cálculos realizados, esquemas y características del circuito de ensayo para su aceptación, según el apartado 6.

Los cortocircuitos no deberán provocar degeneración de sus características eléctricas y mecánicas por los efectos térmicos y dinámicos derivados del mismo.

El ciclo de cortocircuitos para el ensayo será el mostrado en la tabla 18, mediando entre cada cortocircuito y el siguiente 900 s o el mínimo tiempo que necesite el laboratorio para preparar la configuración del ensayo (si fuera mayor de 900 s).

I _{simétrica}	DURACIÓN
100 %	250 ms
100 %	250 ms
100 %	250 ms

Tabla 18. Ciclo de cortocircuitos

La tolerancia del tiempo de duración del cortocircuito será $\pm 10 \%$.

5.4.3.-Ensayo con impulso tipo rayo cortado (LIC)

Los dos extremos de cada arrollamiento serán sometidos al ensayo de impulso tipo rayo cortado (LIC) de acuerdo con el capítulo 13 de la norma UNE-EN 60076-3.

El valor de los impulsos a aplicar en los terminales de 27,5 kV se indica en la tabla 15.

El resto de valores a aplicar para otras tensiones serán los recogidos en la norma UNE-EN 60076-3.

5.4.4.-Ensayo con impulso tipo maniobra (SI)

Este ensayo dieléctrico es de aplicación únicamente a transformadores con arrollamientos de tensión asignada de aislamiento > 170 kV como se indica en el apartado 7.3.3 de la norma UNE-EN 60076-3.

Los valores de impulso a aplicar se indican en la citada norma.

5.4.5.-Ensayo de tensión aplicada a frecuencia industrial (AV)

Cada arrollamiento debe ser sometido a este ensayo de acuerdo con el capítulo 10 de la norma UNE-EN 60076-3.

El valor de la tensión a aplicar en los terminales de 27,5 kV se indica en la tabla 15.

El resto de valores a aplicar para otras tensiones serán los recogidos en la norma UNE-EN 60076-3.

5.4.6.-Ensayo de tensión alterna soportada sobre un borne de línea (LTAC)

Este ensayo se realizará a cada uno de los terminales de más de 72,5 kV de tensión asignada y de acuerdo al capítulo 12 de la norma UNE-EN 60076-3.

5.4.7.-Ensayo de tensión inducida con medida de descargas parciales (IVPD)

Este ensayo se realizará a cada uno de los terminales de más de 72,5 kV de tensión asignada y de acuerdo al capítulo 11.3 de la norma UNE-EN 60076-3, aplicando los valores de tensión en el tiempo requerido y garantizando unos valores de descargas parciales según se indica en la norma referenciada.

5.4.8.-Medida de la resistencia de los arrollamientos

El ensayo se realizará de acuerdo a lo especificado en el apartado 11.2 de la norma UNE-EN 60076-1.

5.4.9.-Medida de la relación de transformación y verificación de la polaridad

Se medirá la relación de transformación para cada toma y se verificará la polaridad según se indica en el apartado 11.3 de la norma UNE-EN 60076-1.

5.4.10.-Medida de las pérdidas y de la corriente de vacío

El ensayo se realizará conforme a lo especificado en el apartado 11.5 de la norma UNE-EN 60076-1.

Las medidas obtenidas no deberán superar los valores indicados en el punto 4.2.9.

5.4.11.-Medida de las pérdidas debidas a la carga y la tensión de cortocircuito

El ensayo se realizará conforme a lo especificado en el apartado 11.4 de la norma UNE-EN 60076-1.

Las medidas obtenidas no deberán superar los valores indicados en el punto 4.2.8.

5.4.12.-Medida de la respuesta en frecuencia (FRA)

El ensayo se realizará de acuerdo a lo especificado en la norma UNE-EN 60076-18.

Los resultados se valorarán de acuerdo con lo recomendado en la norma.

5.4.13.-Medida de la resistencia de aislamiento en arrollamientos y núcleo

Las medidas se realizarán conforme a lo especificado en los apartados 11.1.2.1 y 11.12 de la norma UNE-EN 60076-1.

5.4.14.-Medida del factor de potencia, de la capacidad y de la tangente de delta

Las medidas se realizarán conforme a lo especificado en la norma UNE-EN 60076-1.

5.5.-OTROS

5.5.1.-Verificación de la placa de características

Se comprobará la existencia de la correspondiente placa de características y que cumple lo especificado en el punto 4.6.

5.5.2.-Comprobación de los dispositivos de protección

Se comprobará el funcionamiento correcto de los siguientes elementos de protección:

- Válvulas de alivio para sobrepresión.
- Imagen térmica.
- Relés Buchholz.
- Termostato del aceite.
- Termómetro del aceite.
- Indicador de nivel del aceite.
- Indicador de nivel del regulador.

5.5.3.-Medida del nivel de ruido

El ensayo se realizará de acuerdo a lo especificado en la norma UNE-IEC 60076-10.

Cumplirá con los valores especificados en el apartado 4.2.13 de la presente especificación.

5.5.4.-Ensayos con los cambiadores de tomas en carga y verificación

Se verificará el funcionamiento del cambiador de tomas de acuerdo con lo indicado en el apartado 11.7 de la norma UNE-EN 60076-1. Adicionalmente se comprobará el correcto funcionamiento de la iluminación del armario de control, del interruptor de protección y de la resistencia de caldeo.

5.5.5.-Medida del aislamiento del cableado auxiliar y de la caja de bornas

El ensayo se realizará conforme a lo especificado en el capítulo 9 de la norma UNE-EN 60076-3 y con los valores recogidos en la misma.

6.-VALIDACIÓN

6.1.-CONDICIONES GENERALES

La tramitación administrativa para el proceso de validación se registrará por el Procedimiento para la validación de productos ferroviarios vigente, regulándose todas sus fases desde de la solicitud hasta su validación definitiva.

En los siguientes apartados se establecen el conjunto de ensayos y pruebas convenidos por Adif a fin de garantizar que los productos cumplen con los requerimientos técnico-funcionales mínimos especificados, con el objeto de obtener la correspondiente validación .

La solicitud de validación irá acompañada de la siguiente documentación:

- Protocolo para los ensayos a realizar durante el proceso de validación, para su aceptación.
- Certificados de calidad y naturaleza de los materiales empleados en la fabricación.
- Cálculos justificativos, esquemas y características de los ensayos para su aceptación.
- Planos globales y su despiece correspondiente incluyendo cotas y tolerancias.
- Informe con las características principales.
- Documentación que permita la identificación de los distintos accesorios, así como la ubicación de los mismos, incluyendo esquemas eléctricos desarrollados, listas de cableados, bornas, materiales, etc.

Si en alguno de los ensayos de validación se obtuvieran resultados en desacuerdo con lo prescrito, Adif se reserva el derecho de interrumpir la serie de ensayos a efectuar para la validación, dando el producto por rechazado.

Completados los ensayos definidos en la presente especificación técnica, se concederá la validación por un plazo de validez que será determinado de acuerdo a las normas en vigor en el momento de la validación. El cambio de la E.T., la sustitución o la incorporación de algún producto o elemento que sea considerado sustancial por Adif o el cambio en el proceso de fabricación podrá dar lugar a nuevos ensayos de validación, que deberán completarse, de acuerdo con lo especificado en el Procedimiento para la validación de productos ferroviarios vigente.

Los ensayos de laboratorio anteriores a la fecha de inicio del proceso de validación serán admisibles siempre que no tengan una antigüedad superior a 10 años, y que las normas de referencia con las que hayan sido realizados sigan vigentes, y previa aceptación por parte de la Entidad Técnica de Seguimiento, en adelante denominada Entidad Técnica.

6.2.-CONDICIONES DE LOS LABORATORIOS DE ENSAYO

Las condiciones de los laboratorios de ensayo serán las indicadas en el apartado 6.5 de esta Especificación Técnica. Se podrá establecer un nivel de exigencia diferente a los laboratorios de ensayos, siendo dichos niveles de mayor a menor los que se definen a continuación:

- **Tipo A:** Laboratorios acreditados por ENAC, u organismo estatal equivalente dentro del ámbito de la UE, para los ensayos concretos indicados en esta ET.
- **Tipo B:** Laboratorios acreditados por ENAC, u organismo estatal equivalente dentro del ámbito de la UE, para ensayos de similar naturaleza a los indicados en esta ET.
- **Tipo C:** Laboratorios no acreditados pero de reconocido prestigio, siempre que cumplan al menos los requisitos de los apartados 6.4; 6.5; 6.6; 7.5 y 7.8 de la UNE-EN ISO/IEC 17025:2017, y que cumplan los requisitos de la norma ISO-9001 asociados al laboratorio.
- **Tipo D:** Laboratorios del fabricante, siempre que cumplan al menos los requisitos de los apartados 6.4; 6.5; 6.6; 7.5 y 7.8 de la UNE-EN ISO/IEC 17025:2017, y que cumplan los requisitos de la norma ISO-9001 asociados al laboratorio.

En los ensayos realizados en los laboratorios tipos C o D deberá contar con la presencia de la Entidad Técnica de Seguimiento.

6.3.-SEGUIMIENTO DEL PROCESO DE VALIDACIÓN

El proceso de validación deberá contar con la supervisión de una Entidad Técnica de Seguimiento, en adelante denominada Entidad Técnica. Esta entidad podrá ser de alguno de los siguientes tipos:

1. Entidad acreditada por ENAC, u organismo estatal equivalente dentro del ámbito de la Unión Europea, para la certificación de productos industriales o productos ferroviarios.
2. Entidad acreditada por ENAC, u organismo estatal equivalente dentro del ámbito de la Unión Europea, para certificar sistemas de gestión de calidad ISO 9001.

3. Laboratorio acreditado por ENAC, u organismo estatal equivalente dentro del ámbito de la Unión Europea, para la realización de ensayos similares a los indicados en esta especificación.
4. Organismo o fundación pública de carácter técnico o científico, dentro del ámbito de la Unión Europea.
5. Empresa pública o privada de carácter técnico o científico.

Las entidades de los niveles diferentes al 1 ó 2 deberán ser previamente autorizadas por Adif.

La Entidad Técnica será responsable de supervisar todo el proceso de validación, y sus funciones serán, entre otras, las siguientes:

- Autorizar los laboratorios de tipo B, verificando la "similitud" de sus acreditaciones a los ensayos de esta especificación en base a su experiencia; y autorizar los laboratorios tipos C y D, verificando que cumplen al menos los requisitos de los apartados 6.4; 6.5; 6.6; 7.5 y 7.8 de la UNE-EN ISO/IEC 17025:2017, y que cumpla los requisitos de la norma ISO-9001 asociados al laboratorio.
- Si los ensayos se hubieran realizado antes del inicio del proceso de validación, deberá validar dichos resultados. En cambio, si los ensayos se realizan con posterioridad al inicio del proceso de validación, deberá estar presente en todos ellos.
- Redactará un informe final cuyo contenido mínimo incluirá:
 - Requisitos de la especificación técnica aplicable.
 - Relación detallada de la documentación entregada por el fabricante, verificando que incluye los siguientes:
 - Denominación comercial del producto.
 - Características técnicas y funcionales.
 - Planos o esquemas que definan el producto.
 - Fecha y lugar de fabricación.
 - Memoria descriptiva del proceso productivo e instalaciones utilizadas para el mismo.
 - Fecha y lugar de realización de los ensayos.
 - Documentación relativa a los laboratorios empleados (acreditaciones exigibles, informes de verificación de la ISO 9001, y de los puntos exigibles de la UNE-EN ISO/IEC 17025:2017, etc).
 - Informes de ensayos.
 - Cualquier otra documentación exigida por Adif en la presente ET.
 - Descripción y resultados de todos los ensayos, acreditando la superación de dichos ensayos.
 - Conclusiones dando la validez del producto respecto a esta especificación y a la normativa de referencia.

6.4.-CRITERIOS DE SELECCIÓN Y PROPORCIÓN DE LAS MUESTRAS A ENSAYAR

Los ensayos de validación se realizarán sobre un transformador prototipo.

6.5.-RELACIÓN DE ENSAYOS DE VALIDACIÓN Y TIPO DE LABORATORIO

Los ensayos, medidas y verificaciones a los cuales deberá someterse el transformador prototipo, así como el tipo de laboratorio exigible, serán los indicados en la siguiente tabla:

APARTADO	ENSAYO, MEDIDA O VERIFICACIÓN	CATEGORÍA MÍNIMA DEL LABORATORIO DE ENSAYOS
5.1.1	Verificación de las características dimensionales y pesos	D
5.2	Ensayo de las características de la pintura	D
5.3	Ensayo de las características del líquido dieléctrico (aceite)	D
5.4.1	Comprobación de la capacidad del transformador para soportar el ciclo de carga estipulado y medida del calentamiento	D
5.4.2	Ensayo de aptitud para soportar cortocircuitos	A
5.4.3	Ensayo con impulso tipo rayo cortado (LIC)	D
5.4.4	Ensayo con impulso tipo maniobra (SI)	D
5.4.5	Ensayo de tensión aplicada a frecuencia industrial (AV)	D
5.4.6	Ensayo de tensión alterna soportada sobre un borne de línea (LTAC)	D
5.4.7	Ensayo de tensión inducida con medida de descargas parciales (IVPD)	D
5.4.8	Medida de la resistencia de los arrollamientos	D
5.4.9	Medida de la relación de transformación y verificación de la polaridad	D
5.4.10	Medida de las pérdidas y de la corriente de vacío	D
5.4.11	Medida de las pérdidas debidas a la carga y la tensión de cortocircuito	D
5.4.12	Medida de la respuesta en frecuencia (FRA)	D
5.4.13	Medida de la resistencia de aislamiento en arrollamientos y núcleo	D
5.4.14	Medida del factor de potencia, de la capacidad y de la tangente de delta	D
5.5.1	Verificación de la placa de características	D
5.5.2	Comprobación de los dispositivos de protección	D
5.5.3	Medida del nivel de ruido	D
5.5.4	Ensayos con los cambiadores de tomas en carga	D
5.5.5	Medida del aislamiento del cableado auxiliar y de la caja de bornas	D

Tabla 19. Relación de ensayos, medidas y verificaciones de validación

La Entidad Técnica para el seguimiento de los ensayos de validación definidos en la tabla 19 será de tipo 1.

El ensayo de comprobación de la capacidad del transformador para soportar el ciclo de carga estipulado y medida de calentamiento y los ensayos y medidas indicados en la siguiente tabla se deberán realizar con anterioridad al ensayo de aptitud para soportar cortocircuitos:

APARTADO	ENSAYO	CATEGORIA MINIMA DEL LABORATORIO DE ENSAYOS
5.4.3	Ensayo con impulso tipo rayo cortado (LIC)	D
5.4.4	Ensayo con impulso tipo maniobra (SI)	D
5.4.5	Ensayo de tensión aplicada a frecuencia industrial (AV)	D
5.4.6	Ensayo de tensión alterna soportada sobre un borne de línea (LTAC)	D
5.4.7	Ensayo de tensión inducida con medida de descargas parciales (IVPD)	D
5.4.8	Medida de la resistencia de los arrollamientos	D
5.4.9	Medida de la relación de transformación y verificación de la polaridad	D
5.4.10	Medida de las pérdidas y de la corriente de vacío	D
5.4.11	Medida de las pérdidas debidas a la carga y la tensión de cortocircuito	D
5.4.13	Medida de la resistencia de aislamiento en arrollamientos y núcleo	D

Tabla 20. Relación de ensayos y medidas de validación a realizar con anterioridad al ensayo de aptitud para soportar cortocircuitos

La Entidad Técnica para el seguimiento de los ensayos de validación definidos en la tabla 20 será de tipo 1.

Una vez realizado el ensayo de aptitud para soportar cortocircuitos, se procederá al desencubado e inspección de la parte activa, posteriormente se realizará la Medida de Ruido y se volverán a realizar los ensayos y medidas recogidas en la tabla 20 para la verificación de que el transformador no ha sufrido daños.

7.-RECEPCIÓN

7.1.-CONDICIONES GENERALES

La presentación a la recepción deberá ser notificada por escrito al agente receptor haciendo constar como mínimo:

- Referencia del pedido.
- Fecha de presentación.
- Naturaleza y cantidad del suministro.
- Cualquier otra indicación especial del pedido que Adif considere conveniente.

En la recepción se entregará la siguiente documentación:

- Certificados de calidad y naturaleza de los materiales empleados en la fabricación.
- Planos globales y su despiece correspondiente incluyendo cotas y tolerancias.
- Informe con las características principales.
- Documentación que permita la identificación de los distintos accesorios, así como la ubicación de los mismos, incluyendo esquemas eléctricos desarrollados, listas de cableados, bornas, materiales, etc.
- Informe de los ensayos de validación.
- Protocolo para los ensayos a realizar durante el proceso de recepción, para su aceptación.
- Especificaciones y manual de instrucciones para el transporte, manipulación, instalación, puesta en marcha y mantenimiento incluyendo las relativas a:
 - Operaciones de limpieza.
 - El mantenimiento rutinario, incluyendo cualquier precaución especial.
 - El manejo de los transformadores.
 - El almacenamiento y el transporte de los transformadores.
 - La instalación de los transformadores.
- Información relativa al tratamiento del transformador y de sus accesorios una vez terminada su vida útil.

7.2.-CRITERIOS DE SELECCIÓN Y PROPORCIÓN DE LAS MUESTRAS A ENSAYAR

Los ensayos de recepción serán realizados después de la fabricación sobre todas las unidades que conformen el lote.

7.3.-LUGAR DE LOS ENSAYOS

Los ensayos se realizarán en un laboratorio al menos tipo D, según se definen en el apartado 6.2, previa aprobación de Adif y bajo la supervisión de personal técnico designado por Adif.

7.4.-RELACIÓN DE ENSAYOS DE RECEPCIÓN

Los ensayos, medidas y verificaciones a que deberán someterse las muestras a ensayar serán los indicados en la siguiente tabla:

APARTADO	ENSAYO, MEDIDA O VERIFICACIÓN
5.1.1	Verificación de las características dimensionales y pesos
5.4.3	Ensayo con impulso tipo rayo cortado (LIC)
5.4.4	Ensayo con impulso tipo maniobra (SI)
5.4.5	Ensayo de tensión aplicada a frecuencia industrial (AV)
5.4.6	Ensayo de tensión alterna soportada sobre un borne de línea (LTAC)
5.4.7	Ensayo de tensión inducida con medida de descargas parciales (IVPD)
5.4.8	Medida de la resistencia de los arrollamientos
5.4.9	Medida de la relación de transformación y verificación de la polaridad
5.4.10	Medida de las pérdidas y de la corriente de vacío
5.4.11	Medida de las pérdidas debidas a la carga y la tensión de cortocircuito

APARTADO	ENSAYO, MEDIDA O VERIFICACIÓN
5.4.12	Medida de la respuesta en frecuencia (FRA)
5.4.13	Medida de la resistencia de aislamiento en arrollamientos y núcleo
5.4.14	Medida del factor de potencia, de la capacidad y de la tangente de delta
5.5.1	Verificación de la placa de características
5.5.2	Comprobación de los dispositivos de protección
5.5.4	Ensayos con los cambiadores de tomas en carga
5.5.5	Medida del aislamiento del cableado auxiliar y de la caja de bornas

Tabla 21. Relación de ensayos, medidas y verificaciones de recepción

En caso de ser solicitada por Adif, la Entidad Técnica para el seguimiento de los ensayos de recepción definidos en la tabla 21 será al menos de tipo 2.

7.5.-CRITERIOS DE ACEPTACIÓN Y RECHAZO

Si un ensayo de recepción ofreciera un resultado negativo, se repetirá el ensayo y si éste no es satisfactorio se rechazará el transformador.

8.-CONDICIONES DE TRANSPORTE, EMBALAJE Y ETIQUETADO

Los transformadores serán entregados en embalajes adecuados, de tal manera que se faciliten las operaciones de carga y descarga y que queden protegidos contra las posibles incidencias durante la manipulación, transporte y almacenamiento.

En algunas ocasiones en las cuales el destino de las unidades no esté fijado, se podrá exigir su entrega en una caja de madera u otro embalaje equivalente.

Cada embalaje deberá ir provisto de su correspondiente etiqueta con las siguientes indicaciones:

- Número del proveedor.
- Número de pedido.
- Número identificativo del transformador.

Los transformadores deben adaptarse para el transporte y el almacenamiento a temperaturas ambientes inferiores a -25°C .

9.-GARANTÍAS

Las garantías serán las establecidas en el contrato de obra, suministro y/o instalación correspondiente entre Adif y la empresa validada suministradora o instaladora de los transformadores y en todo caso cumplirá con la legislación vigente al respecto.

10.-NORMATIVA DEROGADA

Esta ET no deroga ningún documento.

11.-DISPOSICIONES TRANSITORIAS Y ENTRADA EN VIGOR

La presente especificación técnica entrará en vigor en su fecha de aprobación.

12.-NORMATIVA DE REFERENCIA

NORMAS

AENOR. *"Aplicaciones ferroviarias. Instalaciones fijas. Transformadores de tracción."* UNE-EN 50329. Madrid: AENOR, 2004+CORR:2007+A1:2011.

AENOR. *"Transformadores de Potencia. Parte 1. Generalidades."* UNE-EN 60076-1. Madrid: AENOR, 2013.

AENOR. *"Transformadores de Potencia. Parte 2. Calentamiento de transformadores sumergidos en líquido."* UNE-EN 60076-2. Madrid: AENOR, 2013.

AENOR. *"Transformadores de Potencia. Parte 3. Niveles de aislamiento, ensayos dieléctricos y distancias de aislamiento en el aire."* UNE-EN 60076-3. Madrid: AENOR, 2014+A1:2018.

AENOR. *"Transformadores de Potencia. Parte 5. Aptitud para soportar cortocircuitos."* UNE-EN 60076-5. Madrid: AENOR, 2008.

AENOR. *"Transformadores de Potencia. Parte 7. Guía de carga para transformadores sumergidos en aceites."* UNE-IEC 60076-7. Madrid: AENOR, 2010.

AENOR. *"Transformadores de Potencia. Parte 10. Determinación de los niveles de ruido."* UNE-EN 60076-10. Madrid: AENOR, 2002.

AENOR. *"Transformadores de Potencia. Parte 10. Determinación de los niveles de ruido."* UNE-EN 60076-10. Madrid: AENOR, 2017.

AENOR. *"Transformadores de Potencia. Parte 10-1. Determinación de los niveles de ruido. Guía de aplicación."* UNE-IEC 60076-10-1. Madrid: AENOR, 2007.

AENOR. *"Transformadores de Potencia. Parte 18. Medición de la respuesta en frecuencia."* UNE-EN 60076-18. Madrid: AENOR, 2013.

AENOR. *"Aislamiento eléctrico. Evaluación y designación térmica."* UNE-EN 60085. Madrid: AENOR, 2008.

AENOR. *"Aisladores pasantes para tensiones alternas superiores a 1.000 V."* UNE-EN 60137. Madrid: AENOR, 2011.

AENOR. *"Aisladores pasantes para tensiones alternas superiores a 1.000 V."* UNE-EN 60137. Madrid: AENOR, 2018.

AENOR. *"Aplicaciones ferroviarias. Coordinación de aislamiento. Parte 1: Requisitos fundamentales. Distancias en el aire y líneas de fuga para cualquier equipo eléctrico y electrónico."* UNE-EN 50124-1. Madrid: AENOR, 2017

AENOR. *"Fluidos para aplicaciones electrotécnicas. Aceites minerales aislantes nuevos para transformadores y aparata de conexión."* UNE-EN 60296. Madrid: AENOR, 2012.

AENOR. *"Pinturas y barnices. Probetas normalizadas para ensayo."* UNE-EN ISO 1514. Madrid: AENOR, 2017.

AENOR. *"Pinturas y barnices. Ensayos de deformación rápida (resistencia al impacto). Parte 1: Ensayo de caída de una masa con percutor de gran superficie."* UNE-EN ISO 6272-1. Madrid: AENOR, 2012.

AENOR. *"Pinturas y barnices. Ensayos de embutición."* UNE-EN ISO 1520. Madrid: AENOR, 2007.

AENOR. *"Pinturas y barnices. Ensayos de plegado (mandril cilíndrico)." UNE-EN ISO 1519. Madrid: AENOR, 2011.*

AENOR. *"Pinturas y barnices. Ensayo de amortiguación del péndulo." UNE-EN ISO 1522. Madrid: AENOR, 2007.*

AENOR. *"Pinturas y barnices. Ensayo de corte por enrejado." UNE-EN ISO 2409. Madrid: AENOR, 2013.*

AENOR. *"Pinturas y barnices. Determinación del espesor de película." UNE-EN ISO 2808. Madrid: AENOR, 2007.*

AENOR. *"Pinturas y barnices. Determinación del brillo especular de películas de pintura no metálicas a 20°, 60° y 85°." UNE-EN ISO 2813. Madrid: AENOR, 2015.*

AENOR. *"Pinturas y barnices. Ensayos de corrosión en atmósferas artificiales. Ensayos de niebla salina." UNE-EN ISO 9227. Madrid: AENOR, 2017.*

AENOR. *"Aceites minerales aislantes en equipos eléctricos. Líneas directrices para su supervisión y mantenimiento." UNE-EN 60422. Madrid: AENOR, 2013.*

AENOR. *"Líquidos aislantes. Papeles y cartones impregnados en aceite. Determinación del contenido en agua por valoración coulométrica automática de Karl Fischer." UNE-EN 60814. Madrid: AENOR, 1999.*

AENOR. *"Líquidos aislantes. Determinación de la acidez. Parte 1: Valoración potenciométrica automática." UNE-EN 62021-1. Madrid: AENOR, 2004.*

ASTM. *"Método de ensayo para la determinación de la tensión entre fases del aceite frente al agua por el método del anillo." ASTM D971-12. West Conshohocken: ASTM, 2012.*

AENOR. *"Líquidos aislantes. Medida de la permitividad relativa, del factor de disipación dieléctrica ($\tan \delta$) y de la resistividad en corriente continua." UNE-EN 60247. Madrid: AENOR, 2004+ERRATUM:2005.*

AENOR. *"Líquidos aislantes. Determinación de la tensión de ruptura dieléctrica a frecuencia industrial. Método de ensayo." UNE-EN 60156. Madrid: AENOR, 1997.*

AENOR. *"Líquidos aislantes. Método de ensayo para la detección del azufre potencialmente corrosivo en aceite aislante usado y nuevo." UNE-EN 62535. Madrid: AENOR, 2009.*

AENOR. *"Accesorios para transformadores de potencia y reactancias. Parte 2: Relé de actuación por gas y aceite para transformadores y reactancias sumergidos en líquido aislante, con depósito de expansión." UNE-EN 50216-2. Madrid: AENOR, 2003+A1:2003.*

BORRADOR