



ET 03.364.506.0

ESPECIFICACIÓN TÉCNICA

TRANSFORMADORES AÉREOS

1ª EDICIÓN: MARZO 2025




Este documento normativo se presenta como "BORRADOR" a efectos de consulta a todos los interesados. Su contenido no tiene validez hasta su aprobación definitiva por el Comité de Normativa de Adif y Adif AV.
Este documento no puede ser PUBLICADO, COPIADO NI EDITADO SIN AUTORIZACIÓN EXPRESA DEL COMITÉ DE NORMATIVA DE ADIF Y ADIF AV.

CONTROL DE CAMBIOS Y VERSIONES

Revisión		Modificaciones	Puntos Revisados
Nº	Fecha		

EQUIPO REDACTOR

Grupo de Trabajo GT-300. Línea Aérea de Contacto.

<p>Propone:</p> <div style="text-align: center;">  <p>COMITÉ DE NORMATIVA GT - 300 GRUPO DE TRABAJO</p> <p> </p> </div> <p>Grupo de trabajo GT-300 Fecha: 27 de marzo de 2025</p>	<p>Aprueba:</p> <p>Comité de Normativa Reunión de XX de XX de XXXX</p>
--	--

ÍNDICE DE CONTENIDOS**PÁGINA**

1.- OBJETO	5
2.- CAMPO DE APLICACIÓN	5
3.- DEFINICIÓN DE TÉRMINOS EMPLEADOS	5
4.- DESCRIPCIÓN Y CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL PRODUCTO	5
4.1.- CARACTERÍSTICAS GENERALES	5
4.2.- CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS	6
4.3.- SISTEMA DE REFRIGERACIÓN	7
4.4.- RENDIMIENTO	7
4.5.- NIVEL DE RUIDO	7
4.6.- CLASE TÉRMICA DEL AISLAMIENTO	8
4.7.- CARACTERÍSTICAS DIMENSIONALES Y PESOS	8
4.8.- CARACTERÍSTICAS DEL LÍQUIDO AISLANTE	8
4.9.- PLACA DE CARACTERÍSTICAS	8
4.10.- CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS	9
4.10.1.- BOBINADOS	9
4.10.2.- CIRCUITO MAGNÉTICO	9
4.10.3.- CAJA DE CENTRALIZACIÓN DE PROTECCIONES	9
4.10.4.- TERMINALES	10
4.11.- VALORES DE LAS MAGNITUDES ADMISIBLES Y TOLERANCIAS	10
4.11.1.- PÉRDIDAS MÁXIMAS	10
4.11.2.- TENSIONES	10
4.11.3.- TOLERANCIAS	11
5.- CONTROL DE LA CALIDAD Y ENSAYOS	11
5.1.- VERIFICACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DIMENSIONALES Y PESOS	11
5.2.- ENSAYO DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LA PINTURA	11
5.2.1.- REQUISITOS A CUMPLIR PREVIOS AL ENSAYO	11
5.2.2.- CAPA DE IMPRIMACIÓN	12
5.2.3.- CAPA DE ACABADO	12
5.2.4.- PINTURA	13
5.3.- MEDIDA DEL NIVEL DE RUIDO	13
5.4.- ENSAYO DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL LÍQUIDO DIELECTRICO	13
5.5.- ENSAYOS ELÉCTRICOS	14
5.5.1.- ENSAYO DE CALENTAMIENTO	14
5.5.2.- ENSAYO CON IMPULSO TIPO RAYO PLENO	14
5.5.3.- MEDIDA DE LA RESISTENCIA DE LOS ARROLLAMIENTOS	14
5.5.4.- MEDIDA DE LA RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN	15
5.5.5.- ENSAYO DE TENSIÓN APLICADA A FRECUENCIA INDUSTRIAL	15
5.5.6.- MEDIDA DE LAS PÉRDIDAS EN VACÍO	15

5.5.7.-ENSAYO DE TENSIÓN INDUCIDA SOPORTADA	15
5.5.8.-MEDIDA DE LAS PÉRDIDAS DEBIDAS A LA CARGA Y LA TENSIÓN DE CORTOCIRCUITO	15
5.6.-OTROS.....	16
5.6.1.-VERIFICACIÓN DE LA PLACA DE CARACTERÍSTICAS	16
6.- VALIDACIÓN	16
6.1.-CONDICIONES GENERALES.....	16
6.2.-CONDICIONES DE LOS LABORATORIOS DE ENSAYO	16
6.3.-SEGUIMIENTO DEL PROCESO DE VALIDACIÓN	17
6.4.-CRITERIOS DE SELECCIÓN Y PROPORCIÓN DE LAS MUESTRAS A ENSAYAR.....	18
6.5.-RELACIÓN DE ENSAYOS DE VALIDACIÓN	18
7.- RECEPCIÓN	19
7.1.-CONDICIONES GENERALES.....	19
7.2.-CRITERIOS DE SELECCIÓN Y PROPORCIÓN DE LAS MUESTRAS A ENSAYAR.....	19
7.3.-LUGAR DE LOS ENSAYOS.....	19
7.4.-RELACIÓN DE ENSAYOS DE RECEPCIÓN	20
7.5.-CRITERIOS DE ACEPTACIÓN Y RECHAZO	20
8.- CONDICIONES DE TRANSPORTE, EMBALAJE Y ETIQUETADO.....	20
9.- GARANTÍAS	21
10.-NORMATIVA DEROGADA.....	21
11.-DISPOSICIONES TRANSITORIAS Y ENTRADA EN VIGOR.....	21
12.-NORMATIVA DE REFERENCIA Y BIBLIOGRAFÍA.....	21

1.-OBJETO

La presente Especificación Técnica (ET) tiene por objeto definir las características técnicas y fijar las condiciones de validación y suministro de los transformadores aéreos para su instalación sobre poste, para líneas electrificadas en 25 kV c.a. de la RFIG gestionada por Adif y Adif Alta Velocidad (en adelante Adif).

2.-CAMPO DE APLICACIÓN

Esta ET se aplica a los transformadores monofásicos sumergidos en aceite que se instalan sobre poste para la alimentación de los sistemas de calefacción de agujas, alumbrado de túneles, casetas de telefonía, edificios técnicos, etc.

En todo lo no expresamente indicado en la presente ET, 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 ET mientras no la contradigan.

El resto de términos se definen a continuación.

Entidad Técnica de Seguimiento (ETS): Organismo o empresa independiente del fabricante y/o proveedor, cuya responsabilidad será dar seguimiento al proceso, según el Procedimiento de validación 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 6.2.

4.-DESCRIPCIÓN Y CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL PRODUCTO

4.1.-CARACTERÍSTICAS GENERALES

Los transformaciones aéreos de media potencia objeto de la presente ET serán de tipo sumergido en aceite, para instalación sobre poste, con arrollamientos con refrigeración ONAN.

	Grupo de conexión	Aislamiento	Potencia (kVA)**	Tensión primaria (kV)***	Tensión secundario (V)	Frecuencia (Hz)	Refrigeración
Calefacción de aguja	Monofásico	aceite	80/100/120	27,5	-240; 0; +240 V	50	ONAN
BTS y Detectores de CC	Monofásico	aceite	10/20	27,5	240 V	50	ONAN
BTO	Monofásico	aceite	50	27,5	240 V	50	ONAN
Casetas técnicas de señalización*	Monofásico	aceite	100/200	27,5	240 V	50	ONAN
Edificios técnicos*	Monofásico	aceite	MAX. 250	27,5	240 V	50	ONAN

Tabla 1. Características generales de los transformadores aéreos.

* Para potencias superiores a 250 kVA la instalación del transformador para servicios auxiliares se realizará obligatoriamente en caseta y dispondrá de foso de recogida de aceite.

** Potencias más habituales. La potencia será la requerida para cada caso concreto.

*** Tensión nominal del sistema 25 kV. Tensión de primario del transformador 27,5 kV.

Otras características comunes a los transformadores son:

- Aislamiento: aceite mineral aislante tipo U (para transformadores no inhibidos)
- Límite de calentamiento máximo del aceite en la parte superior: 60 K

4.2.- CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS

- Potencia asignada: 10/20/50/80/100/120/150/200/250 kVA
- Conexión: monofásica
- Tensión asignada del primario: 27,5 kV
- Serie de aislamiento AT: 36 kV
- Regulación para la tensión primaria: $\pm 5\%$, $\pm 10\%$
- Tensión asignada del secundario: 240 V
- Grupo de Conexión: II0
- Frecuencia asignada: 50 Hz
- Límite de calentamiento máximo arrollamientos: 65 K
- Tensión de cortocircuito (a 75 °C): 4,5%

Condiciones de servicio normales:

- Tipo de servicio: continuo
- Tipo de instalación: exterior sobre poste
- Temperatura máxima del ambiente: 40 °C
- Temperatura mínima del aire de refrigeración: -25 °C

- Humedad relativa máxima del aire ambiente: 93 %
- Altitud máxima sobre el nivel del mar: 1.000 m
- Riesgo sísmico: se tendrá en cuenta en aquellos casos en los cuales se demuestre que el lugar de instalación no está exento de movimientos sísmicos de importancia.

4.3.-SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

El modo de refrigeración será de tipo natural – ONAN.

4.4.-RENDIMIENTO

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

POTENCIA ASIGNADA (KVA)	RENDIMIENTO MINIMO(%)
10	96,00
20	96,88
50	97,60
80	97,66
100	97,77
120	98,08
150	98,21
200	98,25
250	98,38

Tabla 2. Rendimiento mínimo.

4.5.-NIVEL DE RUIDO

El límite del nivel máximo de ruido de los transformadores medido según la norma UNE-IEC 60076-10 a la distancia de 100 cm tendrá el valor indicado en la siguiente tabla:

POTENCIA ASIGNADA (kVA)	POTENCIA ACÚSTICA (dB)
120-150-200-250	62
50-80-100	52
10-20	49

Tabla 3. Nivel de presión acústica.

4.6.-CLASE TÉRMICA DEL AISLAMIENTO

El transformador estará diseñado para proporcionar la intensidad asignada en régimen continuo, con una tensión aplicada en el arrollamiento primario igual al 105 % de su tensión asignada, sin que el calentamiento medio máximo en los arrollamientos supere el valor indicado en el párrafo anterior.

4.7.-CARACTERÍSTICAS DIMENSIONALES Y PESOS

Las dimensiones y pesos totales máximos admitidos serán los indicadas en la siguiente tabla:

POTENCIA ASIGNADA (kVA)	Peso total (kg)	Longitud* (mm)	Anchura* (mm)	Altura* (mm)
10	410	750	650	1400
20	410	780	670	1400
50	500	800	760	1500
80	650	830	850	1500
100	680	840	905	1520
120	750	860	920	1550
150	820	880	925	1570
200	970	1020	945	1600
250	1100	1070	970	1800

Tabla 4. Dimensiones y pesos máximos.

(*) Se trata de valores orientativos.

4.8.-CARACTERÍSTICAS DEL LÍQUIDO AISLANTE

El aceite utilizado será aceite mineral tipo U no inhibido, con las características indicadas en la norma UNE-EN 60296.

4.9.-PLACA DE CARACTERÍSTICAS

Cada transformador estará dotado de una placa de características en material resistente a la intemperie, con marcado indeleble y situada en una posición visible (según norma UNE-EN 60076-1). Dicha placa de características mostrará la siguiente información:

- Tipo de transformador
- Norma UNE-EN 60076-1
- Nombre del fabricante
- Número de serie del fabricante
- Año de fabricación
- Número de fases
- Potencia asignada
- Tensión asignada, incluyendo las tensiones de las tomas
- Frecuencia y corrientes asignadas

- Símbolo de acoplamiento
- Impedancia de cortocircuito , valor medio expresado en tanto por ciento.
- Tipo de refrigeración
- Masa total
- Masa del aceite aislante
- Material circuito magnético: material arrollamiento AT y material arrollamiento BT

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.

4.10.-CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS

4.10.1.-Bobinados

Los bobinados que componen los transformadores serán de aluminio o cobre electrolítico en forma de hilo, pletina o banda. Serán concéntricos, independientes y aislados entre sí.

El bobinado de alta tensión estará construido a partir de aluminio o hilo de cobre formando galletas separadas y aisladas entre capas. Estas bobinas además de los principios y finales de los arrollamientos presentarán otras tomas centrales para la regulación de las tensiones por medio de puentes de conexión.

El bobinado de baja tensión estará construido a partir de conductores de aluminio o de cobre electrolítico, en forma de banda aislados.

Los aislamientos de los bobinados serán de clase 105 (antigua clase A) según norma UNE-EN 60085

4.10.2.-Círculo magnético

Estará formado por dos columnas de igual sección a la de las culatas, construidas en chapas o láminas magnéticas de grano orientado laminado en frío, recubiertas en ambas caras por una fina capa de aislamiento.

Las uniones de las culatas serán a 45 grados y solapadas para reducir las pérdidas en vacío.

Todos los elementos se compactarán y sujetarán para conseguir una baja vibración, reduciendo el nivel de ruido.

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

El fabricante tomará medidas en su diseño para reducir la oxidación y el ruido.

Los aislamientos del circuito magnético será de clase 130 según norma UNE-EN 60085

4.10.3.-Caja de centralización de protecciones

Cuando sea de aplicación, todos los dispositivos de protección se cablearán hasta una regleta de bornas finales situada en una caja con clase de protección IP 54. Todas las bornas deberán quedar identificadas de forma indeleble.

4.10.4.-Terminales

Los terminales de los devanados de A.T. y B.T. estarán dimensionados de forma que sean capaces de soportar las sollicitaciones dieléctricas, térmicas y mecánicas derivadas de los ensayos referidos en esta especificación.

Estarán diseñados para conectarles pletinas, trenzas de cobre o el número necesario de cables de cobre. Las conexiones se realizarán por tornillos de acero inoxidable cubierto por un baño de zinc u otro medio de protección anticorrosivo.

4.11.-VALORES DE LAS MAGNITUDES ADMISIBLES Y TOLERANCIAS

4.11.1.-Pérdidas máximas

Las pérdidas máximas serán las indicadas en la siguiente tabla:

POTENCIA ASIGNADA (kVA)	PÉRDIDAS MÁXIMAS (W)	
	EN VACÍO (P ₀)	PLENA CARGA (75°C) P _k
10	80	320
20	125	500
50	190	1010
80	270	1600
100	280	1950
120	300	2000
150	380	2300
200	500	3000
250	550	3500

Tabla 5. Pérdidas máximas.

4.11.2.-Tensiones

El transformador será capaz de suministrar sus intensidades asignadas estando alimentado por una tensión igual al 100% pero sin exceder el 110 % de la tensión asignada.

Asimismo deberá ser capaz de suministrar su intensidad asignada cuando la tensión asignada se aplica con una frecuencia que difiera como máximo en $\pm 2,5$ % de la frecuencia asignada.

Las tensiones soportadas en los ensayos serán las indicadas en la siguiente tabla:

TENSIONES	PRIMARIO ($U_m = 36$ kV)	SECUNDARIO ($U_m \leq 1,1$ kV)
APLICADA (50 Hz, 60 s)	70 kV (Valor eficaz)	3 kV (Valor eficaz)
INDUCIDA: 150 Hz, 60 s	55 kV (Valor eficaz)	0,48 kV (valor eficaz)
IMPULSO TIPO RAYO PLENO: 1,25/50 μ s	170 kV (2,5 Valor de cresta)	-

Tabla 6. Tensiones soportadas en los ensayos.

4.11.3.-Tolerancias

Para aquellas magnitudes en las que no se especifica una tolerancia concreta en la presente Especificación, serán de aplicación las indicadas en el capítulo 10 de la norma UNE-EN 60076-1.

5.-CONTROL DE LA CALIDAD Y ENSAYOS

5.1.-VERIFICACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DIMENSIONALES Y PESOS

Se comprobará que las dimensiones y pesos de los transformadores se adecúan a las indicadas en la tabla 4.

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 autotransformador.

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 autotransformador.

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.-Requisitos a cumplir previos al ensayo

ENSAYO	VALOR LÍMITE	MÉTODO DE ENSAYO
Ambiente corrosivo	C2	UNE-EN ISO 12944-2
Expectativa de durabilidad	B	UNE-EN ISO 12944-1

Tabla 7. Requisitos previos.

Nota: El primer mantenimiento importante se llevará a cabo según lo indicado en el punto 5.5 de la UNE-EN ISO 12944-1.

5.2.2.-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 8. Ensayos sobre la capa de imprimación.

5.2.3.-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 9. Ensayos sobre la capa de acabado.

5.2.4. – Pintura

Una vez pintado el autotransformador, 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 10. Ensayos sobre la pintura del transformador.

5.3. – MEDIDA DEL NIVEL DE RUIDO

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

La magnitud a medir será el nivel de presión acústica, expresándose en dB, utilizando la respuesta rápida del sonómetro.

El nivel de presión acústica no debe superar los límites establecidos en el apartado 4.5 de la presente ET.

5.4. – ENSAYO DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL LÍQUIDO DIELECTRICO

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	METODO DE ENSAYO
Contenido en agua	≤20 mg/kg	UNE-EN 60814
índice de neutralización	≤0,03 mg KOH/g	UNE-EN 62021-1
Tensión entre fase	≥35 mN/m	ASTM D971-12
Factor de perdidas dieléctricas a 90°C, tan δ	≤0,015	UNE-EN 60247
Tensión de ruptura	>60 kV	UNE-EN 60156

Tabla 11. 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.

5.5.-ENSAYOS ELÉCTRICOS

Los ensayos se efectuarán a una temperatura exterior comprendida entre 10 y 40 grados.

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.

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

5.5.1.-Ensayo de calentamiento

El ensayo se realizará utilizando el método de puesta en carga simulada descrito en el apartado de la norma UNE-EN 60076-2.

Los calentamientos alcanzados en los arrollamientos, sobre el ambiente, no deben superar los límites establecidos en el punto 4.2 de la presente ET.

5.5.2.-Ensayo con impulso tipo rayo pleno

El ensayo se realizará de acuerdo a lo especificado en el apartado 13.2.1 de la norma UNE-EN 60076-3.

La tensión de ensayo será de polaridad negativa y del valor indicado en el punto 4.11.2 de la presente ET.

Los impulsos serán de tipo rayo normalizado $1,2 \mu\text{s} \pm 30\%$ / $50 \mu\text{s} \pm 20\%$.

El ensayo se realizará a los dos extremos del arrollamiento de alta tensión del transformador.

La secuencia de ensayos sobre transformadores sin elementos no lineales será en una tensión de impulso entre el 50 % y el 70 % de la tensión plena de ensayo seguida de tres impulsos a tensión plena.

Si durante cualquiera de estas aplicaciones, se produce un contorneo externo en el circuito o trazas de un explosor de pasatapas o si falla el registro en alguno de los canales de medida, esa aplicación debe desecharse y hacerse una aplicación adicional.

El ensayo es satisfactorio si no hay diferencias significativas entre las curvas de tensión y corriente registradas en el impulso de referencia y las registradas a la tensión de ensayo plena.

5.5.3.-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.

Se debe registrar la resistencia de cada arrollamiento, los bornes entre los que se mide y la temperatura de los arrollamientos. La medición se debe realizar en corriente continua.

Se deben adoptar las precauciones necesarias para minimizar los efectos de la autoinducción en todas las mediciones de resistencia.

5.5.4.-Medida de la relación de transformación

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.

5.5.5.-Ensayo de tensión aplicada a frecuencia industrial

El ensayo se realizará de acuerdo a lo especificado en el apartado 10 de la norma UNE-EN 60076-3.

Se aplica la tensión alterna monofásica sinusoidal, con su valor de cresta dividido por $\sqrt{2}$ definido en el punto 4.11.2 de la presente ET, con una frecuencia de 50 Hz durante 60 s, entre los bornes de alta tensión cortocircuitados entre sí y los de baja tensión unidos a tierra no debiéndose producir un colapso de la tensión.

5.5.6.-Medida de las pérdidas en vacío

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

Las pérdidas en vacío se medirán en uno de los arrollamientos (A.T. y B.T.), a la tensión y frecuencia asignada. El otro arrollamiento se dejará en circuito abierto.

Las medidas de las pérdidas en vacío obtenidas no deberán superar los valores indicados en los puntos 4.11.1 de la presente especificación.

5.5.7.-Ensayo de tensión inducida soportada

El ensayo se realizará de acuerdo a lo especificado en el apartado 11.2 de la norma UNE-EN 60076-3.

El tiempo del ensayo, a la tensión de ensayo plena, debe ser de 60 s para cualquier frecuencia de ensayo inferior o igual a dos veces la frecuencia asignado, salvo especificación en contra.

El ensayo debe comenzar a una tensión no mayor de un tercio del valor de ensayo especificado y la tensión debe incrementarse hasta el valor de ensayo tan rápidamente como permita la medición. Al acabar el ensayo la tensión se reducirá rápidamente a menos de un tercio del valor de ensayo antes de la desconexión

Se supera el ensayo si no se produce colapso de la tensión de ensayo.

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

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

Se medirán estas magnitudes aplicando a uno de los arrollamientos una tensión senoidal a la frecuencia asignada, tal que por el devanado circule la corriente asignada, estando el otro arrollamiento cortocircuitado, aceptándose otros valores definidos en la norma citada.

5.6.-OTROS

5.6.1.-Verificación de la placa de características

Se comprobará la existencia de la correspondiente placa de características y que cumple lo especificado en el punto 4.9.

6.-VALIDACIÓN

6.1.-CONDICIONES GENERALES

El proceso de validación se regirá por el Procedimiento vigente de Adif.

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.

Adicionalmente a lo marcado en el Procedimiento vigente, la solicitud de validación irá acompañada de 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.

Si en alguno de los ensayos de validación se obtuvieran resultados en desacuerdo con lo prescrito en esta ET, Adif se reserva el derecho de interrumpir la serie de ensayos a efectuar.

Completados los ensayos definidos en la presente ET, se concederá la validación, según lo establecido en el procedimiento 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 la que hayan sido realizados sigan vigentes, y previa aceptación por parte de la Entidad Técnica de Seguimiento, en adelante ETS.

6.2.-CONDICIONES DE LOS LABORATORIOS DE ENSAYO

Las condiciones de los laboratorios de ensayo serán las indicadas en el procedimiento de validación vigente. Adicionalmente, para cada uno de los ensayos recogidos en el apartado 6.5 de esta ET 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 cumpla los requisitos de la norma ISO-9001.
- **Tipo D:** Laboratorio del fabricante, siempre que cumpla los requisitos de la norma ISO-9001.

En los ensayos realizados en los laboratorios tipos C o D deberán contar con la presencia de la ETS.

6.3.-SEGUIMIENTO DEL PROCESO DE VALIDACIÓN

El proceso de validación deberá contar con la supervisión de una ETS, Esta entidad cumplirá con lo indicado el procedimiento de validación vigente, En el caso que el procedimiento de validación vigente no la defina 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 ETS 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 la especificación; y autorizar los laboratorios tipos C y D.
- Deberá estar presente en los ensayos realizados en laboratorios tipos C y D.
- 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, 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 por nivel de potencia según lo indicado en el punto 4.2.

6.5.-RELACIÓN DE ENSAYOS DE VALIDACIÓN

Los ensayos, medidas y verificaciones a los cuales deberá someterse el transformador serán los indicados en la siguiente tabla:

APARTADO	ENSAYO, MEDIDA O VERIFICACIÓN	<u>EXIGENCIA MÍNIMA DE LABORATORIO (según 6.2)</u>
5.1	Verificación de las características dimensionales y pesos	<u>D</u>
5.2	Ensayo de las características de la pintura	D
5.3	Medida del nivel de ruido	<u>D</u>
5.5	Ensayo de las características del líquido dieléctrico	<u>D</u>
5.6.1	Ensayo de calentamiento	<u>D</u>
5.6.2	Ensayo con impulso tipo rayo pleno	<u>D</u>
5.6.3	Medida de la resistencia de los arrollamientos	<u>D</u>
5.6.4	Medida de la relación de transformación	<u>D</u>
5.6.5	Ensayo de tensión aplicada a frecuencia industrial	<u>D</u>
5.6.6	Medida de las pérdidas en vacío	<u>D</u>
5.6.7	Ensayo de tensión inducida soportada	<u>D</u>
5.6.8	Medida de las pérdidas debidas a la carga y la tensión de cortocircuito	<u>D</u>
5.7.1	Verificación de la placa de características	<u>D</u>

Tabla 12. Relación de ensayos, medidas y verificaciones de validación.

7.-RECEPCIÓN

7.1.-CONDICIONES GENERALES

La presentación a la recepción deberá ser notificada por escrito, en el impreso que Adif establezca al efecto, 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
- 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 que disponga de los medios adecuados a los ensayos a realizar y los certificados de calibración necesarios, 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	Tipo de Laboratorio (según 6.2)
5.1	Verificación de las características dimensionales y pesos	<u>D</u>
5.6.3	Medida de la resistencia de los arrollamientos	<u>D</u>
5.6.4	Medida de la relación de transformación	<u>D</u>
5.6.5	Ensayo de tensión aplicada a frecuencia industrial	<u>D</u>
5.6.6	Medida de las pérdidas en vacío	<u>D</u>
5.6.8	Medida de las pérdidas debidas a la carga y tensión de cortocircuito	<u>D</u>
5.7.1	Verificación de la placa de características	<u>D</u>

Tabla 13. Relación de ensayos, medidas y verificaciones de recepción.

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 homologada suministradora o instaladora de los transformadores y en todo caso cumplirá con la legislación vigente al respecto.

10.-NORMATIVA DEROGADA

La presente Especificación Técnica no deroga ningún documento normativo.

11.-DISPOSICIONES TRANSITORIAS Y ENTRADA EN VIGOR

La presente Especificación Técnica entrará en vigor en su fecha de aprobación.

12.-NORMATIVA DE REFERENCIA Y BIBLIOGRAFÍA

En el contenido de esta norma se hace referencia a los documentos normativos que se citan a continuación.

Cuando se trate de legislación, será de aplicación la última versión publicada en los diarios oficiales, incluidas sus sucesivas modificaciones.

En el caso de documentos referenciados sin edición y fecha se utilizará la última edición vigente; en el caso de normas citadas con versión exacta, se debe aplicar esta edición concreta.

En el caso de normas UNE-EN que establezcan condiciones armonizadas para la comercialización de productos de construcción, que sean transposición de normas EN cuya referencia haya sido publicada en el Diario Oficial de la Unión Europea, será de aplicación la última versión comunicada por la Comisión y publicada en el DOUE.

- 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 10. Determinación de los niveles de ruido". UNE-EN 60076-10. Madrid: AENOR, 2017.
- AENOR. "Aislamiento eléctrico. Evaluación y designación térmica". UNE-EN 60085. Madrid: AENOR, 2008.
- AENOR. "Líquidos aislantes. Medida de la permitividad relativa, del factor de disipación dieléctrica (tan d) 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. "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. "Líquidos aislantes. Papeles y cartones impregnados en aceite. Determinación del contenido en agua por valoración culométrica 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, 2007.
- AENOR. "Pinturas y barnices. Determinación del índice de brillo especular a 20° , 60° y 85°". UNE-EN ISO 2813. Madrid: AENOR, 2015.
- AENOR. "Ensayos de corrosión en atmósferas artificiales. Ensayos de niebla salina". UNE-EN ISO 9227. Madrid: AENOR, 2023.
- AENOR. "Pinturas y barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pintura protectores. Parte 1: Introducción general". UNE-EN ISO 12944-1. Madrid: AENOR, 2018.
- AENOR. "Pinturas y barnices. Determinación del espesor de película." UNE-EN ISO 12944-2. Madrid: AENOR, 2018.
- AENOR. "Pinturas y barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pintura protectores. Parte 2: Clasificación de ambientes". UNE-EN ISO 2808. Madrid: AENOR, 2007.
- ASTM. "Standard Test Method for Interfacial Tension of Oil Against Water by the Ring Method". ASTM D971-20. ASTM, 2020.

Este documento normativo se presenta como "BORRADOR" a efectos de consulta a todos los interesados. Su contenido no tiene validez hasta su aprobación definitiva por el Comité de Normativa de Adif y Adif AV.
Este documento no puede ser PUBLICADO, COPIADO NI EDITADO SIN AUTORIZACIÓN EXPRESA DEL COMITÉ DE NORMATIVA DE ADIF Y ADIF AV.

BORRADOR