

	TRANSFORMADORES DE POTENCIA	Página 1 de 30
		Rev. 02 27/06/2024

TRANSFORMADORES DE POTENCIA  
PARTE COMÚN

Este documento es propiedad intelectual de Enel SpA; la reproducción o distribución de su contenido de cualquier forma o por cualquier medio está sujeta a la aprobación previa de dicha PROPIETARIO, la cual salvaguardará sus derechos bajo los códigos civil y penal.  
Este documento es para Uso Externo.

Revisión	Fecha	Listado de modificaciones
00	28/10/2019	Primera Emisión basada en <del>925</del> Potencia Versión

	TRANSFORMADORES DE POTENCIA (ES)	Página 2 de 30
		Rev. 02 27/06/2024

## ÍNDICE PARTE COMÚN

1	OBJETO	5
2	LISTADO DE COMPONENTES	6
3	NORMAS Y LEYES DE REFERENCIA	6
3.1	NORMAS INTERNACIONALES	6
3.2	NORMAS LOCALES	7
3.3	OTRA DOCUMENTACIÓN RELEVANTE	7
3.4	NORMAS REEMPLAZADAS	7
4	CONDICIONES DE SERVICIO	7
5	CLASIFICACIÓN	7
5.1	TIPOS DE TRANSFORMADORES	7
5.2	CANTIDAD DE DEVANADOS	8
5.3	CANTIDAD DE FASES	8
5.4	SISTEMA DE ENFRIAMIENTO	8
5.5	POTENCIA NOMINAL	8
5.6	TENSIONES NOMINALES	8
5.7	FRECUENCIA NOMINAL	8
5.8	REGULACIÓN DE TENSIÓN	8
5.8.2	REGULACIÓN DE M.T.	8
5.9	CONEXIONES DE DEVANADOS	8
5.10	INSTALACIÓN	8
5.11	AT Y MT NEUTRA	9
5.12	CAPACIDAD DE SOBRECARGA	9
5.13	BUSHINGS	9
5.13.2	BUSHINGS PARA AT	9
5.13.3	BUSHINGS PARA M.T.	9
5.14	NIVELES DE AISLAMIENTO	9
5.15	PÉRDIDAS E IMPEDANCIAS DE CORTOCIRCUITO	9
5.15.2	PENALIZACIONES POR PÉRDIDAS	10
5.16	CONDICIONES DE SOBREENCENDIMIENTO	10
5.17	CORRIENTE DE VACÍO	11
5.18	SOBRETENPERATURA DEL NÚCLEO	11
5.19	CAPACIDAD DE SOPORTAR CORTOCIRCUITOS	11
5.20	NIVELES SONOROS	11
5.21	DIMENSIONES GENERALES	11
5.22	PLACAS DE CARACTERÍSTICAS	11
5.23	TOLERANCIAS	11
6	REQUISITOS DE DISEÑO	11
6.1	NÚCLEO Y BASTIDOR (MARCO)	11
6.2	DEVANADOS	12
6.3	NEUTROS DE AT Y MT	12
6.4	TANQUE (CUBA)	12
6.5	LÍQUIDOS Y MATERIAL AISLANTE	12
6.6	CAMBIO DE CONEXIONES EN BOBINADOS DE MT	13
6.7	SISTEMA DE REFRIGERACIÓN	13
6.8	ACCESORIOS Y AUXILIARES	13
6.9	CUADRO DE CONTROL Y COMANDO	13

	TRANSFORMADORES DE POTENCIA (ES)	Página 3 de 30
		Rev. 02 27/06/2024

6.10	PINTURA DE PROTECCIÓN	13
7	COMPONENTES PRINCIPALES	14
7.1	REQUISITOS GENERALES DE LOS BUSHINGS	14
7.1.2	BUSHINGS PARA A.T.	14
7.1.2.2	REQUISITOS DE DISEÑO	14
7.1.2.3	DIMENSIONES GENERALES	14
7.1.2.4	ENSAYOS	14
7.1.3	BUSHINGS PARA M.T.	14
7.1.3.2	REQUISITOS DE DISEÑO	14
7.1.3.3	DIMENSIONES GENERALES	15
7.1.3.4	ENSAYOS	15
7.2	CAMBIADOR DE TOMAS BAJO CARGA (OLTC – ON LOAD TAPCHANGER)	15
7.2.2	CLASIFICACIÓN	15
7.2.3	REQUISITOS DE DISEÑO	15
7.2.2.1	PINTURA	15
7.2.2.2	MANTENIMIENTO	15
7.2.2.3	REQUISITOS FUNCIONALES	15
7.2.4	ENSAYOS	15
8	ENSAYOS	15
8.1	LISTADO Y CLASIFICACIÓN DE LOS ENSAYOS	15
8.1.2	ENSAYOS INDIVIDUALES ADICIONALES PARA TRANSFORMADORES CON $U_m \geq 72,5$ KV	16
8.1.3	ENSAYOS DE TIPO	16
8.1.4	ENSAYOS ESPECIALES	16
8.1.5	DECLARACIONES GENERALES RELATIVAS A LOS ENSAYOS	17
8.1.5.1	CRITERIOS DE ENSAYO DE CORTOCIRCUITO	17
8.2	DESCRIPCIÓN DE ENSAYOS	17
8.2.2	ENSAYOS DE INDIVIDUALES	17
8.2.1.12	COMPROBACIÓN Y VERIFICACIÓN DE LOS ACCESORIOS Y COMPONENTES.	18
8.2.1.13	ENSAYOS DE ACEITE AISLANTE	18
8.2.1.14	DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE RUIDO	18
8.2.1.15	CONTROL DEL REVESTIMIENTO EXTERIOR	19
8.2.3	ENSAYOS DE RUTINA ADICIONALES PARA TRANSFORMADORES CON $U_m \geq 72,5$ KV	19
8.2.3.2	MEDICIÓN DEL FACTOR DE DISIPACIÓN ( $\tan \Delta$ ) DE LAS CAPACITANCIAS DEL SISTEMA DE AISLAMIENTO	19
8.2.3.3	MEDICIÓN DE LA RESPUESTA EN FRECUENCIA (FRA).	19
8.2.4	ENSAYOS DE TIPO	19
8.2.4.2	ENSAYO DE CALENTAMIENTO (TEMPERATURE-RISE TYPE TEST)	19
8.2.4.3	ENSAYOS DE TIPO DIELECTRICO	19
8.2.4.4	MEDICIÓN DE LA POTENCIA CONSUMIDA POR LOS MOTORES DE LOS VENTILADORES Y BOMBAS DE LÍQUIDO, SI LOS HUBIERA	19
8.2.5	ENSAYOS ESPECIALES	19
8.2.5.2	DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE TRANSFERENCIA DE TENSIONES TRANSITORIAS	19
8.2.5.3	MEDICIÓN DE IMPEDANCIA(S) HOMOPOLAR(ES) EN TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS	20
8.2.5.4	ENSAYO DE RESISTENCIA AL CORTOCIRCUITO	20
8.2.5.5	ENSAYO DE DEFORMACIÓN POR VACÍO EN TRANSFORMADORES SUMERGIDOS EN LÍQUIDO	20
8.2.5.6	ENSAYO DE DEFORMACIÓN POR PRESIÓN EN TRANSFORMADORES SUMERGIDOS EN LÍQUIDO	20
9	REQUISITOS DE SUMINISTRO	20
9.1	TRANSPORTE	20
9.2	PUESTA EN MARCHA	20

	TRANSFORMADORES DE POTENCIA (ES)	Página 4 de 30
		Rev. 02 27/06/2024

9.3	DOCUMENTACIÓN	20
9.3.2	DOCUMENTACIÓN PARA LA HOMOLOGACIÓN, CERTIFICACIÓN Y APROBACIÓN	21
9.3.2.1	DOCUMENTACIÓN NO RESERVADA (TIPO A)	21
9.3.2.2	DOCUMENTACIÓN RESERVADA (TIPO B)	21
9.4	GARANTÍA	22
10	EXCEPCIONES	22
11	FIGURAS	22
<b>ANEXO A – LISTADO COMÚN</b>		<b>23</b>
<b>ANEXO B - FORMULARIO DE HOJA DE DATOS</b>		<b>24</b>
<b>ANEXO C - FORMULARIO TÉCNICO</b>		<b>26</b>
<b>ANEXO D - PRESCRIPCIÓN DE LAS PÉRDIDAS EN RELACIÓN CON EL REGLAMENTO DE LA UE</b>		<b>34</b>

	TRANSFORMADORES DE POTENCIA	Página 5 de 30
		Rev. 02 27/06/2024

## 1 OBJETO

El objeto de este documento es el de proporcionar los requerimientos técnicos para el suministro de transformadores de potencia a utilizarse en las redes de distribución del PROPIETARIO.

Este documento está estructurado en:

- La “Parte Común” contiene los requisitos comunes para el suministro de la totalidad de transformadores.
- El “Listado Común” contiene los Códigos Tipo para cada transformador a utilizar en las redes del PROPIETARIO (Anexo A).
- El formulario con la “Ficha Técnica” con las características y requisitos principales de cada tipo de transformador, es decir, datos generales. Las fichas técnicas para los transformadores se adjuntan en el Anexo B.
- El “Formulario Técnico” con el detalle de los datos principales a enviarse en la oferta y validarse durante la homologación, certificación o proceso de aprobación (Anexo C).
- El anexo que explica la prescripción de pérdidas (Anexo D).
- Las “Secciones Locales” con los requisitos específicos.

Las prescripciones o integraciones adicionales a las de la Parte Común se informan en las Secciones Locales con los mismos números de apartado o sub-apartado correspondiente.

	TRANSFORMADORES DE POTENCIA	Página 6 de 30
		Rev. 02 27/06/2024

## 2 LISTADO DE COMPONENTES

El listado de componentes con codificaciones tipo de los transformadores aparece en el Listado Común adjunto.

## 3 NORMAS Y LEYES DE REFERENCIA

Los listados de normas y leyes de referencia, relevantes al presente documento, se informan a continuación.

### 3.1 NORMAS INTERNACIONALES

IEC 60076-1 (2011)	Power transformers – Part 1: General
IEC 60076-2 (2011)	Power transformers – Part 2: Temperature rise for liquid-immersed transformers
IEC 60076-3 (2013)	Power transformers – Part 3: Insulation levels, dielectric tests and external clearances in air
IEC 60076-5 (2006)	Power transformers – Part 5: Ability to withstand short circuit
IEC 60076-7 (2005)	Power transformers – Part 7: Loading guide for oil-immersed power transformers
IEC 60076-10 (2001)	Determination of sound levels
IEC 60076-18 (2012)	Power transformers – Part 18: Measurement of frequency response
IEC 60137	Insulated bushings for alternating voltages above 1 000 V
IEC 62770	Fluids for electrotechnical applications – Unused natural esters for transformers and electrical equipment
IEC 60815	Guide for selection and dimensioning of high-voltage insulators for polluted conditions
IEC 60214-1	Tap-Changers – Part 1: Performance requirements and test methods
IEC 60214-2	Tap-Changers – Part 2: Application guide
IEC 61462	Composite hollow insulators – Pressurized and unpressurized insulators for use in electrical equipment with rated voltage greater than 1000 V – Definitions, test methods, acceptance criteria and design recommendations
IEC 62155	Hollow pressurized and unpressurized ceramic and glass insulators for use in electrical equipment with rated voltage greater than 1000 V
IEC 62271-209	High-voltage switchgear and controlgear – Part 209: Cable connections for gas-insulated metal-enclosed switchgear for rated voltages above 52 kV and above.
IEC 60529	Degree of protections provided by enclosures (IP Code)
IEC 60947-7-2	Low-voltage switchgear and controlgear – Part 7-2: Ancillary equipment – Protective conductor terminal blocks for copper conductors
ISO 2178	Non-magnetic coatings on magnetic substrates – Measurement of coating thickness –Magnetic method
ISO 2808	Paints and varnishes – Determination of film thickness

	TRANSFORMADORES DE POTENCIA	Página 7 de 30
		Rev. 02 27/06/2024

ISO 2409 Paints and varnishes – Cross-cut test

ISO 4628-3 Paints and varnishes – Assessment of degree of rusting

Cuando no se menciona la fecha de emisión en el listado anterior, la fecha a tomarse como referencia corresponde a la norma en vigor cuando el presente documento haya sido emitido.

### 3.2 NORMAS LOCALES

Véase Secciones Locales.

### 3.3 OTRA DOCUMENTACIÓN RELEVANTE

Véase Secciones Locales.

### 3.4 NORMAS REEMPLAZADAS

Véase Secciones Locales.

## 4 CONDICIONES DE SERVICIO

Los transformadores se utilizan generalmente para reducir la tensión, pero también pueden utilizarse como elevadores. En la red, pueden ser sometidos ocasionalmente a frecuentes energizaciones, sobretensiones y cortocircuitos.

A menos que se especifique lo contrario, las condiciones normales de servicio de la IEC 60076-1 son aplicables, con las siguientes excepciones:

Características	Valor
Altitud (m)	1000
Nivel de contaminación Clase SPS (serie IEC/TS 60815)	C - Media
RUSCD (mm/kV)	34,7
Temperatura ambiente mínima (°C)	
Temperatura ambiente máxima (°C)	
Nivel de calificación sísmica	Sí <sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Para el diseño térmico, el transformador se fabricará con referencia a los valores normales de temperatura ambiente definidos en la norma.

<sup>(2)</sup> Los niveles de calificación sísmica se muestran en la Sección Local

## 5 CLASIFICACIÓN

Se aplica la norma IEC 60076-1 para las definiciones.

### 5.1 TIPOS DE TRANSFORMADORES

Este documento es aplicable para transformadores o auto-transformadores sumergidos en líquido, trifásicos, bifásicos y monofásicos, elevadores o reductores y se refiere a los siguientes tipos de transformadores:

	TRANSFORMADORES DE POTENCIA	Página 8 de 30
		Rev. 02 27/06/2024

- Transformador con devanados separados (TR).
- Auto-transformador (ATR)

Los transformadores con devanados separados son por lo general de tipo A.T./M.T., aunque también pueden ser A.T./A.T. o M.T./M.T. en cuyo caso se indican convencionalmente como A.T./M.T. in la presente norma.

Véanse las Secciones Locales y Fichas Técnicas para más información.

## **5.2 CANTIDAD DE DEVANADOS**

Véase Secciones Locales/Fichas Técnicas.

## **5.3 CANTIDAD DE FASES**

Véase Secciones Locales/Fichas Técnicas.

## **5.4 SISTEMA DE ENFRIAMIENTO**

Véase Secciones Locales/Fichas Técnicas.

## **5.5 POTENCIA NOMINAL**

Véase Secciones Locales/Fichas Técnicas.

## **5.6 TENSIONES NOMINALES**

Véase Secciones Locales/Fichas Técnicas.

## **5.7 FRECUENCIA NOMINAL**

Véase Secciones Locales/Fichas Técnicas.

## **5.8 REGULACIÓN DE TENSIÓN**

### **5.8.1 Regulación de A.T.**

Cuando se especifique, los devanados de A.T. deberán estar provistos de regulación de tensión de acuerdo con los valores especificados.

### **5.8.2 Regulación de M.T.**

Véase Secciones Locales/Fichas Técnicas.

## **5.9 CONEXIONES DE DEVANADOS**

Para el grupo de conexión véanse las Secciones Locales/Fichas Técnicas.

Los parámetros para la conexión de doble tensión (es decir 20,8-10,4 kV) o para la conexión en triángulo/estrella se indican en la Sección Local/Fichas Técnicas.

## **5.10 INSTALACIÓN**

El tipo de instalación puede ser interior o exterior.



	TRANSFORMADORES DE POTENCIA	Página 9 de 30
		Rev. 02 27/06/2024

### 5.11 AT Y MT NEUTRA

Véase Secciones Locales/Fichas Técnicas.

### 5.12 CAPACIDAD DE SOBRECARGA

Según IEC 60076-7.

Ninguna limitación en la alimentación del transformador deberá provenir de la capacidad de los bushings, del cambiador de tomas bajo carga y de todos los demás accesorios y equipos auxiliares.

La temperatura del punto caliente de los devanados se calculará mediante un método adecuado de acuerdo con lo establecido en la norma IEC 60076-2.

### 5.13 BUSHINGS

Los bushings deben cumplir con la IEC 60137.

Todos los bushings deben estar marcados con placas de identificación inalterable, fijadas en la tapa del tanque en la base del bushing, visibles desde el lado de AT y MT, informando los símbolos indicados en las Secciones Locales

#### 5.13.1 BUSHINGS PARA AT

En cuanto al tipo de conexión con la alimentación de AT, se definen tres tipos diferentes:

- bushings Aceite/Aire (O/A)
- bushings Aceite/SF<sub>6</sub> (O/S)
- bushings Aceite/Aceite (O/O)

El tipo de bushings de AT, para cada tipo de transformador, se indica en la Sección Local.

Todas los bushings deben tener el conductor aislado con papel impregnado de aceite y deben ser de tipo capacitor.

Para las demás características, véanse las Secciones Locales.

#### 5.13.2 BUSHINGS PARA M.T.

Los bushings de M.T. serán de los siguientes tipos:

- Bushings de tipo polimérico Aceite/Aire (O/A)
- Bushings de tipo porcelana Aceite/Aire (O/A)
- Bushings de tipo enchufable (Enchufables)

El tipo de bushings de M.T., para cada tipo de transformador, se indica en la Sección Local.

### 5.14 NIVELES DE AISLAMIENTO

Véase Secciones Locales/Fichas Técnicas.

### 5.15 PÉRDIDAS E IMPEDANCIAS DE CORTOCIRCUITO

Las impedancias de cortocircuito se muestran en la Sección Local.

Las pérdidas pueden prescribirse indicando valores máximos y/o valores capitalizados.

	TRANSFORMADORES DE POTENCIA	Página 10 de 30
		Rev. 02 27/06/2024

Para las empresas de distribución europeas se cumplirá la Directiva de la UE relativa a la eficiencia del transformador y a las pérdidas correspondientes - Véase el Anexo D.

Cuando se prescriben valores de pérdidas máximas, estas se presentan en la Sección Local.

Cuando se aplica la capitalización de pérdidas, los factores de capitalización relacionados se especifican en la solicitud de oferta. La capitalización de las pérdidas viene dada por:

$$C_c = C + A \times P_v + B \times P_j$$

Donde:

$C_c$  es el coste capitalizado del transformador (expresado en la moneda local)

$C$  es el coste declarado por el Fabricante en la oferta (expresado en la moneda local)

$A$  es el factor de pérdidas en vacío (expresado en la moneda local por kW) <sup>(1)</sup>

$B$  es el factor de pérdidas en carga (expresado en la moneda local por kW) <sup>(1)</sup>

$P_v$  son las pérdidas en vacío declaradas por el Fabricante (expresadas en kW)

$P_j$  son las pérdidas en carga declaradas por el Fabricante (expresadas en kW)

<sup>(1)</sup> Valores indicados en la etapa de licitación

#### 5.15.1 Penalizaciones por pérdidas

Si las pérdidas medidas exceden los valores prescritos y/o declarados por el Fabricante, dentro de la tolerancia admitida por la norma IEC 60076-1, se aplicarán penalizaciones/sanciones.

Si las pérdidas superan los límites de tolerancia máximos admitidos por la norma IEC 60076-1, el transformador es rechazado.

En caso de pérdidas máximas, para los prototipos en fase de homologación/certificación, no se admite tolerancia.

El cálculo de las sanciones aplicables al transformador único es el siguiente:

$$L_v = 2 \times A \times \Delta P_v$$

$$L_j = 2 \times B \times \Delta P_j$$

Donde:

$L_v$  penalización por exceso de pérdidas en vacío (expresado en la moneda local);

$L_j$  penalización por exceso de pérdidas de carga (expresado en la moneda local);

$\Delta P_v$  diferencia entre las pérdidas en vacío medidas y las pérdidas en vacío declaradas por el Fabricante (kW);

$\Delta P_j$  diferencia entre las pérdidas de carga medidas y las pérdidas de carga declaradas por el Fabricante (kW);

#### 5.16 CONDICIONES DE SOBREEXCITACIÓN

Cumplirán con lo marcado en la IEC 60076-1.

Además, el transformador deberá poder funcionar en vacío con un flujo magnético en el núcleo incrementado en un 10% del flujo magnético nominal (por lo tanto, las prescripciones relativas a la corriente de vacío y a la sobre-temperatura del núcleo deberán tener en cuenta esta condición de sobreexcitación).

	TRANSFORMADORES DE POTENCIA	Página 11 de 30
		Rev. 02 27/06/2024

### 5.17 CORRIENTE DE VACÍO

La corriente en vacío a la tensión nominal será  $\leq 0,2$  % de la corriente nominal.

En caso de sobre excitación, con el flujo magnético incrementado en un 10 % del flujo nominal, la corriente en vacío será  $\leq 0,5$  % de la corriente nominal.

### 5.18 SOBRETENPERATURA DEL NÚCLEO

La sobre temperatura de la superficie del núcleo no sobrepasará los 75 °C

La sobre temperatura prescrita anteriormente se respetará también en condiciones de sobre excitación, con el flujo magnético incrementado en un 10% del flujo nominal.

### 5.19 CAPACIDAD DE SOPORTAR CORTOCIRCUITOS

Los transformadores deberán poder resistir el ensayo de cortocircuito de conformidad con la norma IEC 60076-5.

### 5.20 NIVELES SONOROS

Según lo marcado por la IEC 60076-10.

El nivel sonoro de los transformadores operando en vacío y a la tensión nominal no debe ser superior a los valores prescritos por las leyes y las normas pertinentes; estos valores se indican en la Sección Local y/o en las Fichas Técnicas.

### 5.21 DIMENSIONES GENERALES

Véase Secciones Locales/Fichas Técnicas.

### 5.22 PLACAS DE CARACTERÍSTICAS

Según lo marcado en la IEC 60076-1.

Se proporcionarán dos placas de características, según las siguientes indicaciones, y se fijarán en soportes adecuados en los lados más largos de los transformadores, en posiciones exactamente opuestas.

Si los soportes son desmontables del tanque, las partes de la superficie en las que están fijados se pintarán de la misma manera y cumplirán con las mismas prescripciones de todo el tanque.

Las placas de clasificación estarán en el idioma local.

### 5.23 TOLERANCIAS

Las tolerancias admitidas son los valores prescritos en la IEC 60076-1, si no se especifica lo contrario.

En los niveles de potencia y presión sonora, no se admite ninguna tolerancia.

## 6 REQUISITOS DE DISEÑO

A menos que se especifique lo contrario, los transformadores cumplirán con la norma IEC 60076-1; las partes individuales de los transformadores cumplirán con las normas pertinentes.

### 6.1 NÚCLEO Y BASTIDOR (MARCO)

El núcleo y el marco deben estar conectados a tierra en la parte externa del tanque (usualmente en la tapa) por

	TRANSFORMADORES DE POTENCIA	Página 12 de 30
		Rev. 02 27/06/2024

medio de dos bushings apropiados. Estas conexiones en el interior del tanque se realizarán con cables de cobre aislados de sección adecuada (considerando el valor de la corriente de cortocircuito y, en cualquier caso, no inferior a 50 mm<sup>2</sup>).

Los posibles escudos magnéticos deben conectarse a tierra de la misma manera, por medio de un tercer bushing adicional, o directamente al tanque en la parte donde se apoyan.

Dichos bushings se conectarán a tierra en el tanque de la tapa, en una caja de fácil acceso que facilite la verificación del nivel de aislamiento.

## 6.2 DEVANADOS

Los devanados se realizarán con conductores de cobre electrolítico, aislados con papel o con cables continuamente transpuestos (CTC).

En el caso de los cables continuamente transpuestos y recubiertos con resina, deberá proporcionarse una muestra para cada devanado a fin de comprobar el grado de polimerización alcanzado durante el tratamiento. El procedimiento para la verificación del grado de polimerización se describe en el capítulo 8.2.1.1 correspondiente a los ensayos.

## 6.3 NEUTROS DE AT Y MT

Véase Secciones Locales/Fichas Técnicas.

## 6.4 TANQUE (CUBA)

El tanque se fabricará de forma que no permita ni la acumulación de agua en la superficie externa ni la acumulación de gas/aire por debajo de la tapa y dentro del mismo.

El tanque será a prueba de vacío.

El tanque no presentará deformaciones permanentes apreciables según lo prescrito en el ensayo de vacío y en la norma pertinente.

La estanqueidad de las diferentes uniones (tapa del tanque, bridas del tanque, bridas de la tapa, etc.) se conseguirá mediante la utilización de juntas estancas capaces de soportar el aceite caliente.

Los tornillos serán de acero galvanizado en caliente o acero inoxidable; para los diámetros ≤ M10 serán siempre de acero inoxidable.

Se elegirán todos los materiales del tanque de modo que se eviten los procesos de corrosión.

Los acoplamientos del tanque y de las diferentes tuberías se realizarán con conexiones metálicas ininterrumpidas para garantizar la continuidad metálica.

## 6.5 LÍQUIDOS Y MATERIAL AISLANTE

Para el caso de Ésteres naturales nuevos, el líquido aislante será de tipo vegetal y deberá ser conforme a la norma IEC 62770, con las regulaciones que aplican a este tipo de aceite.

Para el caso del aceite mineral, el líquido aislante deberá ser conforme a la norma IEC 60296, clase "U", sin ningún aditivo antioxidante. El aceite no podrá contener PCB.

Está prohibido el uso de cualquier aceite mineral que presente características tales que lo clasifiquen como sustancia peligrosa.

El proveedor de aceite y el tipo de aceite deben estar claramente indicados en la placa de clasificación y/o en el manual

	TRANSFORMADORES DE POTENCIA	Página 13 de 30
		Rev. 02 27/06/2024

## 6.6 CAMBIO DE CONEXIONES EN BOBINADOS DE MT

Véase Secciones Locales/Fichas Técnicas.

## 6.7 SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

Los sistemas de refrigeración de transformadores son normalmente KNAN. Las especificaciones específicas se muestran en la Sección Local.

## 6.8 ACCESORIOS Y AUXILIARES

Véase Secciones Locales.

## 6.9 CUADRO DE CONTROL Y COMANDO

Véase Secciones Locales.

## 6.10 PINTURA DE PROTECCIÓN

La pintura exterior de los transformadores y accesorios metálicos de materiales de hierro, se obtendrá utilizando el siguiente ciclo de pintura con pintura de epoxi o poliuretano:

**TABLA 1 – CICLO DE PINTURA**

Nivel de contaminación	Capa base (imprimación) (μm)	Capa de cobertura (μm)	Espesor total (μm)
Pintura 1 – Media	≥ 60	≥ 60	≥ 120
Pintura 2 – Pesada o Muy Pesada	≥ 80	≥ 80	≥ 160
Pintura 3 – Extra Muy Pesada	≥ 80 + 80 <sup>(1)</sup>	≥ 60 <sup>(2)</sup>	≥ 220

<sup>(1)</sup> Capa base – Imprimación-epoxi con zinc: 80 μm + Óxido de hierro micáceo epoxi-poliamida: 80 μm

<sup>(2)</sup> Capa de cobertura – Poliuretano alifático: 60 μm

NOTA: alternativamente el pintado puede hacerse con una sola capa del mismo espesor total. También se aceptan capas galvanizadas mono-componentes.

Las superficies internas de los transformadores deben estar protegidas con pintura resistente al aceite caliente (epoxi-poliamina o equivalente), ≥ 30 μm de espesor.

Las superficies a pintar deben ser preparadas por el Fabricante con tratamientos adecuados de chorreo de arena o limpieza química (desengrasado), específicos para el ciclo de pintura adoptado.

La pintura debe estar libre de óxidos de plomo o cromatos. Las fichas técnicas y de seguridad de la pintura serán proporcionadas por el Fabricante.

El color a utilizar está prescrito en las Secciones Locales.

Los informes y ensayos destinados a verificar la buena calidad y el proceso del ciclo de pintura serán

	TRANSFORMADORES DE POTENCIA	Página 14 de 30
		Rev. 02 27/02/2024

proporcionados por el Fabricante.

## 7 COMPONENTES PRINCIPALES

El Fabricante del transformador proporcionará toda la documentación que demuestre la conformidad de los componentes con el presente estándar y con las normas pertinentes.

### 7.1 REQUISITOS GENERALES DE LOS BUSHINGS

Los aisladores pueden ser solicitados por el PROPIETARIO en materiales compuestos (poliméricos) o cerámicos (porcelana). En el caso de los aisladores cerámicos, serán de color marrón en cumplimiento con lo establecido por la IEC 62155. En el caso de los aisladores compuestos, serán de color gris claro en cumplimiento con lo marcado en la IEC 61462. La camisa será de caucho de silicona, tipo HTV (Vulcanizado de Alta Temperatura) o tipo LSR y estará completamente libre de EPDM, o de otros cauchos orgánicos.

Las bridas y las partes metálicas externas que no sean de acero inoxidable o no estén protegidas por sustancias zincadas o antioxidantes, se pintarán con la misma pintura protectora prescrita para el tanque.

Los bushings se posicionarán de acuerdo a los esquemas informados en las Secciones Locales.

Todos los aisladores huecos (pasantes) se fabricarán en una sola pieza, sin ninguna brida o junta intermedia.

Todas las partes metálicas serán de aleación de aluminio, acero inoxidable o galvanizado en caliente.

Los tornillos y las demás partes pequeñas serán de material inoxidable.

Ninguno de los bushings debe tener ningún elemento para la descarga de sobretensiones de rayo (arcing horns)

#### 7.1.1 BUSHINGS PARA A.T.

##### 7.1.1.1 Clasificación

Según las características del transformador.

##### 7.1.1.2 Requisitos de diseño

La brida y la unión para la conexión del cable externo - en el acoplamiento transformador/SF<sub>6</sub> - se diseñarán según la IEC 62271-209.

Los líquidos de impregnación o de relleno deberán ser compatibles con el medio ambiente.

##### 7.1.1.3 Dimensiones generales

Véase Secciones Locales/Fichas Técnicas.

##### 7.1.1.4 Ensayos

Aplican la norma IEC 60137, a menos que se especifique lo contrario.

#### 7.1.2 BUSHINGS PARA M.T.

##### 7.1.2.1 Clasificación

Según las capacidades del transformador.

##### 7.1.2.2 Requisitos de diseño

Véase Secciones Locales.

	TRANSFORMADORES DE POTENCIA	Página 15 de 30
		Rev. 02 27/06/2024

### 7.1.2.3 Dimensiones generales

Las dimensiones generales de los bushings deberán cumplir con las normas relevantes, si las hubiera.

### 7.1.2.4 Ensayos

Aplican la norma IEC 60137, a menos que se especifique lo contrario.

## 7.2 CAMBIADOR DE TOMAS BAJO CARGA (OLTC – ON LOAD TAPCHANGER)

El campo de aplicación del presente capítulo es definir los parámetros técnicos-funcionales, los requisitos de diseño y las definiciones de los ensayos de los cambiadores de tomas bajo carga a utilizarse para la regulación de la tensión.

### 7.2.1 Clasificación

A menos que se especifique lo contrario, aplica la IEC 60214-1.

El cambiador de tomas bajo carga puede ser solicitado del tipo vacío o sumergido en aceite. Véase Secciones Locales.

Los cambiadores de tomas bajo carga con cambio sobre selector pueden ser de tipo fino-grueso o de tipo inversor.

### 7.2.2 Requisitos de diseño

A menos que se especifique lo contrario, aplica IEC 60214-1.

#### 7.2.2.1 Pintura

La pintura exterior del cuadro de accionamiento del motor y de la transmisión del interruptor del conmutador y del selector, deberá cumplir los mismos requisitos de la pintura exterior del transformador, excepto el color.

#### 7.2.2.2 Mantenimiento

El OLTC podrá trabajar sin ningún tipo de mantenimiento hasta las **300.000** conmutaciones para el tipo de vacío y **100.000** para el tipo de aceite.

Esta prescripción no limitará las condiciones normales de servicio ni la vida útil (el Proveedor del OLTC dará evidencia del cumplimiento de este requisito).

#### 7.2.2.3 Requisitos funcionales

Véase Secciones Locales.

### 7.2.3 Ensayos

Según la IEC 60214-1.

## 8 ENSAYOS

A menos que se especifique lo contrario, aplica la IEC 60076-1.

### 8.1 LISTADO Y CLASIFICACIÓN DE LOS ENSAYOS

	TRANSFORMADORES DE POTENCIA	Página 16 de 30
		Rev. 02 27/06/2024

#### 8.1.1 Ensayos Individuales (Routine tests)

- 1) Comprobación de la correspondencia con el prototipo aprobado.
- 2) Medición de la resistencia de los devanados.
- 3) Medición de la relación de tensión y comprobación del desplazamiento de fase.
- 4) Medición de la impedancia de cortocircuito y de la pérdida de carga (11.4).
- 5) Medición de la pérdida en vacío y de la corriente de vacío (11.5).
- 6) Ensayos dieléctricos de individuales (IEC 60076-3).
- 7) Ensayos del cambiador de tomas bajo carga, en su caso (11.7).
- 8) Ensayo de detección de fugas con presión para transformadores sumergidos en líquido (ensayo de estanqueidad) (11.8).
- 9) Comprobación de la relación y polaridad de los transformadores de intensidad incorporados.
- 10) Comprobación del aislamiento del núcleo y del bastidor (marco) para transformadores sumergidos en líquido con núcleo o marco aislados (11.12).
- 11) Medición de la resistencia de aislamiento en c.c entre cada devanado a tierra y entre devanados.
- 12) Comprobación y verificación de las funcionalidades de los accesorios.
- 13) Ensayos sobre el aceite aislante.
- 14) Determinación del nivel de ruido (IEC 60076-10) para cada tipo de refrigeración para el que se especifica un nivel de ruido garantizado.
- 15) Control del revestimiento exterior (ISO 2178 y ISO 2409 o según se especifique).

#### 8.1.2 Ensayos individuales adicionales para transformadores con $U_m \geq 72,5$ KV

- 16) Determinación de las capacitancias de los devanados a tierra y entre devanados.
- 17) Medición del factor de disipación ( $\tan \delta$ ) de las capacitancias del sistema de aislamiento.
- 18) Medición de la respuesta en frecuencia (Análisis de Respuesta en Frecuencia o FRA).

#### 8.1.3 Ensayos de tipo

- 1) Evaluación del cumplimiento con los requisitos de las especificaciones.
- 2) Ensayo tipo de Calentamiento (Temperature-rise) (IEC 60076-2).
- 3) Ensayos dieléctricos de tipo (IEC 60076-3).
- 4) Medición de la potencia consumida por los motores del ventilador y las bombas de líquido, si los hubiera.

#### 8.1.4 Ensayos especiales

- 1) Ensayos dieléctricos especiales (IEC 60076-3).
- 2) Determinación de las características de transferencia de tensiones transitorias (Anexo B de IEC 60076-3:2013).
- 3) Medición de impedancia(s) homopolar(es) en transformadores trifásicos.
- 4) Ensayo de resistencia al cortocircuito (IEC 60076-5).
- 5) Ensayo de deformación por vacío en transformadores sumergidos en líquido.
- 6) Ensayo de deformación por presión en transformadores sumergidos en líquido.



	TRANSFORMADORES DE POTENCIA	Página 17 de 30
		Rev. 02 27/06/2024

### 8.1.5 Declaraciones generales relativas a los ensayos

Para la Certificación, Homologación o Aprobación, todos los ensayos individuales, ensayos de individuales adicionales, ensayos de tipo y ensayos especiales se realizarán sobre una unidad de transformadores idénticos que tengan el mismo código GS de tipo, si no se especifica lo contrario. Dicha declaración no incluye el ensayo de cortocircuito soportado para el que se dan los criterios en el siguiente sub-apartado.

La repetición de ensayos de tipo y especiales puede solicitarse opcionalmente para los tipos de transformadores ya homologados/certificados/aprobados, además de los ensayos individuales requeridos.

Los ensayos adicionales a los mencionados anteriormente pueden solicitarse al Fabricante de transformadores en el caso de que se adopten tecnologías particulares.

#### 8.1.5.1 Criterios de ensayo de cortocircuito

El ensayo de cortocircuito es requerido de acuerdo con la IEC 60076-5 y en concordancia con los siguientes criterios.

Para cada tipo de transformador, la capacidad de soportar la prueba de cortocircuito puede verificarse mediante cálculo, basado en un ensayo realizado en un transformador similar, de conformidad con la norma IEC 60076-5 Anexo B.

Esta verificación sólo es aceptable si el certificado de ensayo de cortocircuito para el transformador similar tiene menos de 5 años.

## 8.2 DESCRIPCIÓN DE ENSAYOS

Las prescripciones y condiciones de los ensayos se ajustarán a las normas de referencia, a menos que se especifique lo contrario.

Los transformadores deberán estar completamente montados (como lo estarían en funcionamiento) durante los ensayos, excepto en el caso de los bushings de AT de aceite/SF<sub>6</sub> o de aceite/aceite, cuyos criterios se indican en las normas pertinentes.

### 8.2.1 Ensayos de Individuales

#### 8.2.1.1 Comprobación de correspondencia con el prototipo aprobado

Las características y requisitos de diseño del transformador sometido a ensayo (incluidos los bushings, cambiador de tomas, accesorios, etc.) se compararán con los planos aprobados del prototipo.

La inspección visual también se realizará para verificar la ausencia de imperfecciones y defectos.

En el caso de que se utilice cable de transposición continua (CTC), se verificará el comportamiento mecánico de las probetas de los devanados con respecto al comprobado en el prototipo aprobado. El comportamiento mecánico se determina mediante la caracterización de la flexión (gráfico "flecha de arco" hasta la ruptura).

#### 8.2.1.2 Medición de la resistencia del devanado

Según la IEC 60076-1 (11.2).

#### 8.2.1.3 Medición de la relación de tensión y comprobación del desplazamiento de fase

Según la IEC 60076-1 (11.3).

En el caso de transformadores con diferentes configuraciones de tensión (doble tensión de MT, etc.), la medición se realizará en todas y cada una de las posiciones de tensión. Para los tipos de transformadores homologados o

	TRANSFORMADORES DE POTENCIA	Página 18 de 30
		Rev. 02 27/06/2024

certificados, sometidos únicamente a ensayos de rutina, la prueba se puede realizar en la configuración de entrega.

#### **8.2.1.4 Medición de la impedancia de cortocircuito y de la pérdida de carga**

Según la IEC 60076-1 (11.4).

#### **8.2.1.5 Medición de la pérdida en vacío y de la corriente**

Según la IEC 60076-1 (11.5).

Las mediciones se realizarán al 90 %, 100 % y 110 % de la tensión nominal.

#### **8.2.1.6 Ensayos dieléctricos individuales**

Según la IEC 60076-3.

En el caso de configuraciones de tensión diferentes, los ensayos dieléctricos individuales se realizarán en la configuración de entrega o en la configuración sometida a mayores esfuerzos mediante acuerdo.

#### **8.2.1.7 Ensayos del cambiador de tomas bajo carga, en su caso**

Según IEC 60076-1 (11.7).

#### **8.2.1.8 Ensayo de detección de fugas con presión para transformadores sumergidos en líquido (ensayo de estanqueidad)**

Según IEC 60076-1 (11.8).

#### **8.2.1.9 Comprobación de la relación y polaridad de los transformadores de intensidad incorporados.**

Según la IEC 60076-1.

A realizarse sólo en el caso de los transformadores de intensidad integrados.

#### **8.2.1.10 Comprobación del aislamiento del núcleo y del bastidor (marco) para transformador sumergido en líquido con aislamiento del núcleo o marco**

Según la IEC 60076-1 (11.12).

#### **8.2.1.11 Medición de la Resistencia de aislamiento en c.c, entre cada devanado a tierra y entre devanados**

Según la IEC 60076-1.

#### **8.2.1.12 Comprobación y verificación de los accesorios y componentes.**

Se verificará que todos los componentes y accesorios estén correctamente instalados en todas las conexiones del circuito eléctrico y se realizará una comprobación del aislamiento de la tensión CA a tierra de 2 kV durante 1 minuto.

La documentación (comprobación y validación) del sub-proveedor que confirme el cumplimiento de los componentes y accesorios con las normas correspondientes, será proporcionada por el Fabricante.

#### **8.2.1.13 Ensayos de aceite aislante**

Se verificará el cumplimiento con la IEC 60422 en una muestra del aceite tomado del transformador.

#### **8.2.1.14 Determinación del nivel de ruido**

	TRANSFORMADORES DE POTENCIA	Página 19 de 30
		Rev. 02 27/06/2024

Según IEC 60076-10, para cada método de refrigeración para el que se especifique un nivel de ruido garantizado.

#### **8.2.1.15 Control del revestimiento exterior**

Según ISO 2178 y ISO 2409 o según se especifique.

### **8.2.2 Ensayos de rutina adicionales para transformadores con $U_m \geq 72,5$ kV**

#### **8.2.2.1 Determinación de las capacitancias de los devanados a tierra y entre devanados**

Según la IEC 60076-1.

#### **8.2.2.2 Medición del factor de disipación ( $\tan \delta$ ) de las capacitancias del sistema de aislamiento**

Según la IEC 60076-1.

#### **8.2.2.3 Medición de la respuesta en frecuencia (FRA).**

Según la IEC 60076-18.

### **8.2.3 Ensayos de Tipo**

#### **8.2.3.1 Evaluación de cumplimiento con los requisitos de las especificaciones**

La evaluación de la conformidad se realizará mediante la comparación entre las características y la documentación del transformador sometido a ensayo y las especificaciones indicadas en el presente GS (Global Standard) sobre las características y requisitos de diseño (accesorios, gabinete de control, ciclos de pintura, etc.).

En lo que se refiere a los sub-componentes principales, se verificará la conformidad de los bushings y del cambiador de tomas bajo carga con las prescripciones pertinentes.

#### **8.2.3.2 Ensayo de Calentamiento (Temperature-rise type Test)**

Según la IEC 60076-2.

El valor de la temperatura del punto caliente tiene que ser determinado durante el ensayo y presentado en el informe del ensayo.

#### **8.2.3.3 Ensayos de tipo dieléctrico**

Según la IEC 60076-3.

#### **8.2.3.4 Medición de la potencia consumida por los motores de los ventiladores y bombas de líquido, si los hubiera**

Según la IEC 60076-1.

### **8.2.4 Ensayos especiales**

#### **8.2.4.1 Ensayos dieléctricos especiales**

Según IEC 60076-3.

#### **8.2.4.2 Determinación de las características de transferencia de tensiones transitorias**

	TRANSFORMADORES DE POTENCIA	Página 20 de 30
		Rev. 02 27/06/2024

Según el Anexo B de la IEC 60076-3.

#### **8.2.4.3 Medición de impedancia(s) homopolar(es) en transformadores trifásicos**

Según la IEC 60076-1 (11.6).

#### **8.2.4.4 Ensayo de resistencia al cortocircuito**

Según la IEC 60076-5.

#### **8.2.4.5 Ensayo de deformación por vacío en transformadores sumergidos en líquido**

Según la IEC 60076-1 (11.9).

#### **8.2.4.6 Ensayo de deformación por presión en transformadores sumergidos en líquido**

Según la IEC 60076-1 (11.10).

### **9 REQUISITOS DE SUMINISTRO**

A menos que se especifique lo contrario, aplica IEC 60076-1.

#### **9.1 TRANSPORTE**

El transporte del transformador se realizará siguiendo las leyes locales de cada país.

Durante el traslado desde la Fábrica a la Subestación, el transformador estará equipado con un registrador de impacto puesto a disposición por el Proveedor.

Cuando se reciba el registro del registrador de impactos se comprobará y, en caso de solicitudes superiores a 1G, el Fabricante verificará por un método adecuado las buenas condiciones del transformador.

#### **9.2 PUESTA EN MARCHA**

Antes de la primera energización, el Fabricante realizará todas las pruebas y verificaciones necesarias para asegurar el correcto estado y configuración del transformador.

Después de la energización, se entregará un formulario apropiado.

Véase Secciones Locales.

#### **9.3 DOCUMENTACIÓN**

##### **9.3.1 Documentación obligatoria**

La documentación técnica que presente el Proveedor abordará los siguientes aspectos:

- 1) Descripción del producto.
- 2) Ensayo de cortocircuito e informe del Fabricante para su validación.
- 3) Los datos solicitados en el formulario del Anexo C.

El Fabricante garantizará el pleno cumplimiento de las prescripciones indicadas en este documento y de las normas pertinentes para los componentes principales y accesorios.

	TRANSFORMADORES DE POTENCIA	Página 21 de 30
		Rev. 02 27/06/2024

El PROPIETARIO verificará y aprobará la documentación relevante durante el proceso de homologación, certificación o aprobación.

Cada excepción al presente documento y a los relacionados deberá ser expresamente evidenciada durante la presentación de la oferta técnica, de lo contrario no será considerada y el aparato relacionado no será aceptado.

### 9.3.2 Documentación para la homologación, certificación y aprobación

El Proveedor, para cada código de tipo de transformador a homologar, certificar o aprobar, pondrá a disposición del PROPIETARIO la documentación completa que contenga cálculos, planos, esquemas, fotografías de los lados de AT y MT, internos y externos, descripciones, lista de características, prestaciones, normas sobre el montaje, mantenimiento y operación y todo lo necesario para un conocimiento profundo y completo del transformador.

Toda la documentación técnica final se entregará en formato electrónico.

#### 9.3.2.1 Documentación no reservada (Tipo A)

Es la documentación emitida por el Fabricante que permite verificar, directa o indirectamente, la conformidad del transformador con la prescripción de la GS. El Fabricante autoriza la difusión y reproducción de esta documentación.

Contendrá, como mínimo, lo siguiente:

- 1) Listado de toda la documentación, incluyendo el listado de la documentación reservada (tipo B).
- 2) Listado de los Proveedores de los componentes y partes principales.
- 3) Manual de transporte, instalación, operación y mantenimiento (en el idioma local).
- 4) Plano de las placas de características/identificación (en el idioma local).
- 5) Planos generales y detalles relevantes tanto del transformador completamente montado (en la configuración de operación) como del transporte del transformador.
- 6) Plano de los circuitos auxiliares (en el idioma local).
- 7) Informes de los ensayos del transformador.
- 8) Informes de los ensayos y certificaciones de los sub-componentes y materiales utilizados.
- 9) Fotografías externas.
- 10) Cálculo de la capacidad de soportar cortocircuitos (en el caso de ensayos no realizados).
- 11) Los datos solicitados en el formulario del Anexo C, actualizados y validados posterior a la homologación, certificación y proceso de aprobación.

**10** Se requiere confirmar que cumplirá con **Modelo Gráfico "BIM"**. Para el Modelo Gráfico "BIM", se requiere:

MODELO GRAFICO "BIM" (SOFTWARE)	TIPO ARCHIVO (EXTENSIÓN)
REVIT/INVENTOR/AUTOCAD	.RVT,.SLT,.STEP,.OBJ,.DWG 3D

De todos los planos y diagramas indicados, en la forma que hayan sido aprobados, se enviará en un archivo digital correspondiente.

Toda la documentación será entregada en idioma español. Como alternativa se aceptará inglés.

	TRANSFORMADORES DE POTENCIA	Página 22 de 30
		Rev. 02 27/06/2024

Junto con cada transformador suministrado (conforme al tipo homologado correspondiente), el Proveedor entregará la documentación enumerada en los puntos 3, 5, 6, 7, integrada con la auto-certificación de ausencia de PCB.

#### **10.1.1.1 Documentación reservada (Tipo B)**

Es la documentación considerada reservada, cuya difusión no autoriza el Proveedor, utilizada para identificar completamente el diseño y fabricación del transformador. Incluirá todos los elementos requeridos en esta GS y la documentación de los orígenes de los materiales no presentados en la "documentación no reservada". Dicha documentación será revisada por los representantes de la empresa o por el organismo de certificación durante la homologación o certificación y será archivada por el Proveedor.

	TRANSFORMADORES DE POTENCIA	Página 23 de 30
		Rev. 02 27/06/2024

## 10.2 GARANTÍA

El período mínimo de garantía es de 5 años.

El período de garantía inicia cuando la fábrica prueba el transformador para su aceptación.

El Proveedor del transformador garantiza los transformadores y todos los sub-componentes en relación a todo defecto.

En caso de defectos en la pintura, la Compañía de Distribución puede requerir el repintado al fabricante de los transformadores y a su propio coste (del fabricante).

Los transformadores en operación se gestionan con un mantenimiento adecuado y sus condiciones también se verifican mediante criterios basados en el Análisis de Gases Disueltos (DGA), de muestras de aceite.

En caso de identificación de una condición de falla clara de acuerdo con la IEC 60599, el Fabricante de los transformadores debe reacondicionar el transformador, a su costa, para restablecer las condiciones adecuadas.

## 11 EXCEPCIONES

Las posibles excepciones a las presentes prescripciones, relativas a la adopción de aspectos técnicos y/o de fabricación, diferentes a los prescritos en la presente GS, podrán ser evaluadas por el PROPIETARIO.

En tal caso, el PROPIETARIO tendrá en cuenta la oportunidad de solicitar ensayos adicionales con respecto a las soluciones técnicas/de fabricación propuestas.

Tales excepciones sólo pueden ser aprobadas por el PROPIETARIO.

## 12 FIGURAS

Las Figuras y planos se informan en la Sección Local respectiva.

	TRANSFORMADORES DE POTENCIA	Página 24 de 30
		Rev. 02 27/06/2024

ANEXO A – LISTADO COMÚN

GST002 Código Tipo	ID de País	TR ATR	Ph (n)	f (Hz)	Cant. de dev.	Símbolo de Conec.	Sr (MVA)	Sistema de Refrigeración	Condición de Servicio IEC 60076-1	Tensión Nominal (kV)			Bushings Conexión Tipo		
										A.T.	M.T.	MV2	A.T.	M.T.	MV2
GST002/XXX	CH	TR	3P	50	2	Dyn1	20	ONAN	Normal	44	23,5	–	O/A	O/A	–
GST002/801	CH	TR	3P	50	2	Dyn1	30/40/50	ONAF	Normal	110	12,5	–	O/A	O/A	–
GST002/802	CH	TR	3P	50	2	Dyn1	30/40/50	ONAF	Normal	110	23,5-12,5		O/A	O/A	–
GST002/803	CH	TR	3P	50	2	Dyn1	30/40/50	ONAF	Normal	110	23,5	–	O/A	O/A	–
GST002/804	CH	TR	3P	50	2	Dyn1	50	ONAN	Normal	110	12,5	–	O/A	O/A	–
GST002/805	CH	TR	3P	50	2	Dyn1	50	ONAN	Normal	110	23,5-12,5		O/A	O/A	–
GST002/806	CH	TR	3P	50	2	Dyn1	50	ONAN	Normal	110	23,5	–	O/A	O/A	–
GST002/807	CH	TR	3P	50	2	Dyn1	50	ONAN	Normal	220	23,5	–	O/A	O/A	–
GST002/808	CH	TR	3P	50	2	Dyn1	30/40/50	ONAF	Normal	220	23,5	–	O/A	O/A	–
GST002/809	CH	ATR	1P	50	3	Yna0d1	100/133 Terciario 0	ONAF	Normal	220/√3	110/√3	34,5	O/A	O/A	O/A
GST002/810	CH	ATR	1P	50	3	Yna0d1	100/133 Terciario 0	ONAF	Normal	220/√3	110/√3	13,2	O/A	O/A	O/A



		Página 25 de 30
	TRANSFORMADORES DE POTENCIA	Rev. 02 27/06/2024

## ANEXO B - FORMULARIO DE HOJA DE DATOS

(Ejemplo de plantilla)

País	
Código de País	
TR o ATR	
Nº de fases	
f (Hz)	
Cant. de devanados	
Símbolo de Conexión	
Potencia Nominal $S_r$ (MVA) - para sistemas de refrigeración diferentes y más MT	
Sistema de Refrigeración	
Instalación	
Condiciones de Servicio 60076-1	
Temp. Ref. 60076-2; Tabla 1,2 (K)	
AT nominal $U_r$ (kV)	
Niveles de aislamiento de AT (Um-BIL-IND-CA) (kV)	
AT neutra (interior/exterior)	
AT neutra (Niveles de Aisl.) (kV)	
Reg. de Tens. tipo AT (OLTC-DETC-NO)	
Reg. de Tens. AT (cant. de pasos, valor %)	
Tensión nominal MT $U_r$ (kV)	
Aislación de MT (Um-LI-AC)	
MT neutra (interior/exterior)	
MT neutra (Niveles de Aisl.)	
Reg. de Tens. tipo MT (DETC-intank bars-NO)	
Reg. de Tens. MT (cant. pasos, valor %)	
Tensión nominal MT2 $U_r$ (kV)	
Aislación de MT2 (Um-LI-AC)	
MT2 Neutra (interior - exterior)	
MT2 Neutra (niveles de aisl.)	
Reg. de Tens. tipo MT2 (DETC- in tank bars - NO)	
Reg. de Tens. MT2 (cant. de pasos, valor %)	
Terciario para compensación (descripción)	
$Z_{sc}$ AT-MT (% rif. $S_r$ )	
$Z_{sc}$ AT-MT2 (% rif. $S_r$ )	
$Z_{sc}$ MT-MT2 (% rif $S_r$ )	
Pérdida de carga AT-MT (kW)	
Sin pérdida de carga AT-MT (kW)	
Pérdida de carga AT-MT2 (kW)	
Sin pérdida de carga AT-MV2 (kW)	
Nivel sonoro (para indicar si se da en potencia sonora o presión)	
Tipo de bushing AT	
Tipo de bushing MT	

	TRANSFORMADORES DE POTENCIA	Página 26 de 30
		Rev. 02 27/06/2024

Tipo de bushing MT2	
Accesorios principales	
Requisito sísmico	
Dimensiones	
Tipo de pintura	
Color	
Soporte de estructura de descargadores de sobretensión de AT	

	TRANSFORMADORES DE POTENCIA	Página 27 de 30
		Rev. 02 27/06/2024

**ANEXO C - FORMULARIO TÉCNICO**

Este formulario se utiliza para entregar el detalle de los datos técnicos que debe completar en el documento HCTG\_TR\_POTENCIA\_FORMULARIO\_TECNICO\_REV1.xlsx

**FORMULARIO PARA DESVIACIONES ESPECÍFICAS**

Cada desviación específica debe ser informada y explicada a continuación (a indicarse con número progresivo)

☐ - **SIN DESVIACIONES** (para marcar en caso de que no haya desviaciones de la especificación técnica - Estándar Global)

**DESVIACIÓN 1**

**DESVIACIÓN 2**

**DESVIACIÓN ...**

Fecha

Firma

		Página 28 de 30
	TRANSFORMADORES DE POTENCIA	Rev. 02 27/06/2024

## ANEXO D - PRESCRIPCIÓN DE LAS PÉRDIDAS EN RELACIÓN CON EL REGLAMENTO DE LA UE

Para los países europeos, la eficiencia de funcionamiento de los transformadores debe cumplir con el correspondiente Reglamento de la Comisión Europea sobre la aplicación de la Directiva 2009/125/C relativa a los transformadores de pequeña, mediana y gran potencia (actualmente en curso - estará en vigor a partir de julio de 2015).

Las prescripciones correspondientes se basan en el documento en curso y el método y los valores que deben respetarse en los países europeos se indican a continuación.

### DEFINICIONES

#### **Factor de carga (k)**

Relación entre la corriente de entrada real y la corriente nominal del transformador. Normalmente  $0 \leq k \leq 1$

#### **Potencia aparente transmitida (kSr)**

Producto del factor de carga y la potencia nominal

#### **Índice de Eficiencia (EI – Efficiency Index)**

Relación entre la potencia aparente transmitida de un transformador menos las pérdidas eléctricas y la potencia aparente transmitida del transformador

#### **Índice de Eficiencia Máxima (PEI – Peak Efficiency Index)**

Valor más alto del índice de eficiencia que se puede alcanzar con el valor óptimo del factor de carga

#### **Factor de carga del Índice de Eficiencia Máxima (kPEI)**

Factor de carga en que ocurre el Índice de Eficiencia Máxima

### ÍNDICE DE EFICIENCIA – FÓRMULA GENERAL

El Índice de Eficiencia se calcula de acuerdo a la ecuación 1:

$$EI = \frac{kS_r - (P_0 + P_{c0}) - (k^2P_k + P_{ck}(k))}{kS_r} \quad (\text{pu})$$

Ecuación 1

Donde:

$P_0$  es la pérdida en vacío medida a la tensión y frecuencia nominales, en la derivación nominal.

$P_{c0}$  es la potencia eléctrica requerida por el sistema de refrigeración para el funcionamiento en vacío, derivada de las mediciones del ensayo de tipo de la potencia tomada por los motores del ventilador y de la bomba de líquido.

$P_k$  es la pérdida de carga medida a la corriente y frecuencia nominales en la derivación nominal corregida a la temperatura de referencia según EN 60076-1.

$P_{ck}(k)$  es la potencia eléctrica adicional requerida por el sistema de refrigeración (además de  $P_{c0}$ ) por el sistema de refrigeración para el funcionamiento en el momento k de la carga nominal derivada de las mediciones del ensayo de tipo de la potencia tomada por los motores del ventilador y de la bomba de líquido.

$S_r$  es la potencia nominal del transformador o autotransformador en el que se basa la  $P_k$

k es el factor de carga

La derivación de  $P_{c0}$ , a partir de las mediciones del ensayo de tipo, del consumo de energía del sistema de refrigeración completo para los ventiladores y bombas que están encendidos o apagados se realiza multiplicando la proporción de ventiladores y bombas que se espera que estén en servicio sin carga por el consumo total de energía de los ventiladores y las bombas, respectivamente. Si los ventiladores y las bombas tienen variadores de velocidad, puede ser necesario realizar una prueba de tipo adicional para determinar  $P_{c0}$ . Se aplican disposiciones similares para la derivación de  $P_{ck}(k)$ . No se requieren mediciones de rutina del consumo de energía de refrigeración.

	<b>TRANSFORMADORES DE POTENCIA</b>	Página 29 de 30
		Rev. 02 27/06/2024

Para el cálculo del PEI, se considerará lo siguiente.

- a) La temperatura de referencia para los transformadores sumergidos en líquido con un aumento de la temperatura media nominal del devanado inferior o igual a 65 K para OF u ON, o 70 K para OD es de 75 °C.
- b) En el caso de transformadores sumergidos en líquido con otro aumento medio nominal de la temperatura del devanado, la temperatura de referencia es igual al aumento medio nominal de la temperatura del devanado + 20 °C, o al aumento medio anual de la temperatura nominal del devanado + temperatura media anual del medio refrigerante externo, lo que sea mayor.

### ÍNDICE DE EFICIENCIA MÁXIMA (PEI)

El Índice de Eficiencia Máxima se obtiene cuando la pérdida en vacío es igual a la pérdida de carga (véase el anexo A) y se obtiene sustituyendo  $k=k_{PEI}$  en la ecuación 1 por la ecuación 2 siguiente:

$$k_{PEI} = \sqrt{\frac{P_0 + P_{c0}}{P_k}} \quad (\text{pu})$$

La fórmula que se utilizará para el cálculo del Índice de Eficiencia Máxima se define, por lo tanto, mediante la ecuación 3:

$$PEI = 1 - \frac{2(P_0 + P_{c0})}{S_r \sqrt{\frac{P_0 + P_{c0}}{P_k}}} \quad (\text{pu})$$

El Índice de Eficiencia Máxima incluye las pérdidas asociadas con el sistema de refrigeración que está en servicio continuamente. Esto supone que en la carga para el índice de rendimiento de pérdida máxima sólo esta refrigeración estará en servicio y se desconecta la refrigeración necesaria para alcanzar la potencia nominal.

### VALORES MÍNIMOS DE EFICIENCIA MÁXIMA

A continuación, se indican los valores mínimos de PEI (TIER 1) que deben respetarse para los transformadores sumergidos en líquido.

Sr (MVA)	PEI (%)
≤ 4	99,465
5	99,483
6,3	99,510
8	99,535
10	99,560
12,5	99,588
16	99,615
20	99,639
25	99,657
31,5	99,671
40	99,684
50	99,696
63	99,709
80	99,723
≥ 100	99,737

	TRANSFORMADORES DE POTENCIA	Página 30 de 30
		Rev. 02 27/06/2024

Para potencias nominales distintas a las indicadas en la tabla, el valor  $P_{EI}$  correspondiente puede obtenerse por interpolación lineal a partir de los dos valores adyacentes.

Los transformadores trifásicos o monofásicos se evaluarán en función de la potencia nominal de cada transformador.

## DATOS EN LA PLACA DE CARACTERÍSTICAS

Además de los requisitos de EN 60076-1, los siguientes valores aparecerán en la placa de clasificación:

- $P_{EI}$  basado en mediciones;
- $k_{PEI}$ , el factor de carga en que ocurre el  $P_{EI}$ ;
- $P_0$ , las pérdidas en vacío medidas a la tensión y frecuencia nominales, en la toma nominal;
- $P_{c0}$ , la potencia eléctrica requerida por el sistema de refrigeración para el funcionamiento en vacío, derivada de las mediciones del ensayo de tipo de la potencia consumida por los motores del ventilador y de las bombas de líquido.
- $P_k$ , las pérdidas medidas a la corriente y frecuencia nominales, en la toma nominal, corregida a la temperatura de referencia según la EN 60076-1.

## TOLERANCIAS

No se aplican tolerancias al valor del  $P_{EI}$ , ya que se trata de un valor mínimo calculado a partir de mediciones reales.