

<b>Número de documento</b> NRF-144-PEMEX-2005	 <b>COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS</b>
<b>REV.: 0</b>	
<b>18 de marzo 2006</b>	
<b>PÁGINA 1 DE 40</b>	<b>SUBCOMITÉ TÉCNICO DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS</b>

## **TRANSFORMADORES DE POTENCIA**

 Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	TRANSFORMADORES DE POTENCIA	NRF-144-PEMEX-2005
		Rev.: 0
		PÁGINA 2 DE 40

## HOJA DE APROBACIÓN.

### ELABORA:

**ING. VÍCTOR GUSTAVO GALVÁN ÁBREGO**  
COORDINADOR DEL GRUPO DE TRABAJO

### PROPONE:

**ING. ROSENDO A VILLAREAL DÁVILA**  
PRESIDENTE DEL SUBCOMITÉ TÉCNICO DE NORMALIZACIÓN  
DEL COOPERATIVO DE PETRÓLEOS MEXICANOS

### APRUEBA:

**ING. VÍCTOR RAGASOL BARBEY**  
PRESIDENTE SUPLENTE DEL COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE  
PETRÓLEOS MEXICANOS  
Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS

 <b>PEMEX</b> Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	<b>TRANSFORMADORES DE POTENCIA</b>	NRF-144-PEMEX-2005
		Rev.: 0
		PÁGINA 3 DE 40

## CONTENIDO

CAPITULO	PÁGINA
0. INTRODUCCIÓN.....	4
1. OBJETIVO.....	5
2. ALCANCE.....	5
3. CAMPO DE APLICACIÓN.....	5
4. REFERENCIAS.....	5
5. ACTUALIZACION.....	6
6. DEFINICIONES.....	6
7. SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS.....	7
8. DESARROLLO.....	8
8.1. Generalidades.....	8
8.2. Características técnicas generales.....	9
8.3. Condiciones de operación.....	12
8.4. Características constructivas.....	13
8.5. Pruebas.....	27
8.6. Supervisión de la fabricación.....	28
8.7. Criterio y tolerancia para la aceptación o rechazo.....	29
8.8. Empaque y embarque.....	29
8.9. Partes de repuesto y herramientas especiales.....	30
8.10. Información técnica.....	31
8.11. Supervisión de montaje y puesta en servicio.....	32
8.12. Capacitación.....	32
8.13. Cuestionario.....	32
9. RESPONSABILIDADES.....	32
10. CONCORDANCIA CON NORMAS MEXICANAS O INTERNACIONALES.....	34
11. BIBLIOGRAFÍA.....	34
12. ANEXOS.....	36

 <b>PEMEX</b> <b>Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios</b>	<b>TRANSFORMADORES DE POTENCIA</b>	<b>NRF-144-PEMEX-2005</b>
		Rev.: 0
		<b>PÁGINA 4 DE 40</b>

## 0 INTRODUCCIÓN.

Dentro de las principales actividades que se llevan a cabo en Petróleos Mexicanos y sus Organismos Subsidiarios, existe la necesidad de utilizar transformadores de potencia en líquido aislante en sus subestaciones eléctricas de plantas industriales.

Por lo tanto, dentro de esta norma de referencia se definen las características técnicas que deben cumplir los transformadores de potencia respecto al diseño, fabricación y recomendaciones de instalación, a fin de seleccionar este equipo de acuerdo a las características de las instalaciones a que se destine.

Este documento normativo se realizó en atención y cumplimiento a:

Ley Federal sobre Metrología y Normalización y su Reglamento.

Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las Mismas y su Reglamento.

Ley de Adquisiciones, Arrendamientos y Servicios del Sector Público y su Reglamento.

Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.

Guía para la Emisión de Normas de Referencia de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios (CNPMOS-001, 30 septiembre 2004).

En esta norma participaron:

Petróleos Mexicanos.

PEMEX-Exploración y Producción.

PEMEX-Gas y Petroquímica Básica.

PEMEX-Petroquímica.

PEMEX-Refinación.

Instituto Mexicano del Petróleo.

Cámara Nacional de Manufacturas Eléctricas (CANAME).

Industrias IEM S.A. de C.V.

PROLEC GE, S. de R.L. de C.V.

AMBAR ELECTROINGENIERIA, S.A. de C.V.

 <b>PEMEX</b> <b>Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios</b>	<b>TRANSFORMADORES DE POTENCIA</b>	<b>NRF-144-PEMEX-2005</b>
		<b>Rev.: 0</b>
		<b>PÁGINA 5 DE 40</b>

## 1 OBJETIVO.

Establecer las especificaciones que deben cumplir los transformadores de potencia que se adquieran en las instalaciones industriales.

## 2 ALCANCE.

Esta norma de referencia establece los requisitos para adquisición de transformadores de potencia trifásicos y monofásicos, y auto transformadores en líquido aislante, certificado de pruebas de fábrica, planos y diagramas, instructivos e información técnica como: la necesaria para el embalaje, transporte, recepción, almacenamiento, montaje, instalación, interconexión, operación y mantenimiento.

## 3 CAMPO DE APLICACIÓN.

La presente norma de referencia es de aplicación general y observancia obligatoria en la adquisición de transformadores de potencia trifásicos y monofásicos, y auto transformadores en líquido aislante para instalaciones industriales que se lleven a cabo en los centros de trabajo de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios, por lo que debe ser incluida en los procedimientos de contratación: licitación pública, invitación a cuando menos tres personas, o adjudicación directa, como parte de los requisitos que debe cumplir el proveedor, contratista o licitante.

## 4 REFERENCIAS.

<b>NOM-009-ENER-1995.</b>	Eficiencia energética en aislamientos térmicos.
<b>NMX-J-109-1977.</b>	Transformadores de Corriente.
<b>NMX J-284-ANCE-1998.</b>	Productos Eléctricos.- Transformadores de Potencia- Especificaciones.
<b>NRF-048-PEMEX-2003.</b>	Diseño de instalaciones eléctricas en plantas industriales.
<b>NOM-008-SCFI-2002.</b>	Sistema General de Unidades de Medida.
<b>NMX-J-534-ANCE-2001.</b>	Tubos (conduit) de acero tipo pesado para la protección de conductores eléctricos y sus accesorios-especificaciones y métodos de prueba.
<b>NMX-J-123-ANCE-2001.</b>	Productos Eléctricos-Transformadores Aceites Minerales-Aislantes para transformadores-Especificaciones, Muestreo y Métodos de Prueba.
<b>NMX-J-169-ANCE-2004.</b>	Transformadores- Transformadores y Auto transformadores de Distribución y Potencia- Métodos de Prueba.

 <b>PEMEX</b> <b>Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios</b>	<b>TRANSFORMADORES DE POTENCIA</b>	<b>NRF-144-PEMEX-2005</b> Rev.: 0 <b>PÁGINA 6 DE 40</b>
---	------------------------------------	---

**NMX-J-235/1-ANCE-2000.** Envoltentes (gabinetes) para uso en equipo eléctrico.

**NMX-J-235/2-ANCE-2000.**

**NMX-J-409-ANCE-2003.** Transformadores-guía de carga de transformadores de distribución y potencia sumergidos en aceite.

## 5 ACTUALIZACIÓN.

Las sugerencias para la revisión y actualización de esta norma deben enviarse al Subgerencia de Normalización de la Gerencia de Normalización Técnica, quien deberá programar y realizar la actualización de acuerdo a la procedencia de las mismas, y en su caso, a través del Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios, procederá a inscribirla en el programa anual de Normalización de PEMEX. Sin embargo, esta norma se debe revisar y actualizar, al menos cada 5 años o antes, si las sugerencias y recomendaciones de cambio lo ameritan.

Las propuestas y sugerencias deben dirigirse por escrito a:

Petróleos Mexicanos

Subcomité Técnico de Normalización del Corporativo

Av. Marina Nacional No. 329 Edificio "A" piso 12

Col. Huasteca.

Tel Dir. 19 44 29 46

Conmutador 19 44 25 00 Ext.: 23260

## 6 DEFINICIONES.

Para los efectos de esta norma de referencia, aplican las definiciones de la, NMX-J-284-1998-ANCE además de las siguientes:

- 6.1. Capacidad Nominal.** Es aquella que suministra el transformador cuando circula por sus devanados la corriente nominal a tensión y frecuencia nominales en forma continua, sin exceder los límites de elevación de temperatura especificados, de acuerdo a la norma NMX-J-284-1998 ANCE.
- 6.2. Características Nominales.** Valores numéricos asignados a los parámetros que definen la operación del transformador en las condiciones especificadas en esta Norma y en los que se basan las garantías del fabricante y pruebas del equipo: capacidad tensión, corriente, factor de potencia, frecuencia nominal y altitud de operación.
- 6.3. Corriente de excitación.** Es la corriente que circula a través de las terminales de un devanado de un transformador cuando se aplica tensión y corriente nominal manteniéndose las terminales de los otros devanados en circuito abierto. Debe expresarse en por ciento con respecto a la corriente nominal del devanado bajo prueba.

 <b>PEMEX</b> <b>Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios</b>	<b>TRANSFORMADORES DE POTENCIA</b>	<b>NRF-144-PEMEX-2005</b>
		<b>Rev.: 0</b>
		<b>PÁGINA 7 DE 40</b>

**6.4. Corriente Nominal.** Corriente que fluye por los devanados del transformador cuando funciona a su capacidad, tensión, frecuencia y factor de potencia nominales.

**6.5. Nivel Básico de aislamiento al impulso.** Es la combinación de valores de tensión (a frecuencia nominal y a impulso) que caracteriza el aislamiento de cada uno de los devanados y sus partes asociadas, con respecto, a su capacidad para soportar esfuerzos dieléctricos.

**6.6. Perdidas.**

**6.6.1. Núcleo.** Potencia activa que consume el transformador cuando se le aplica la tensión nominal, a frecuencia nominal, en las terminales del devanado primario, estando, los otros en circuito abierto.

**6.6.2. Devanados.**

- a) En transformadores de dos devanados: es la potencia activa que se consume cuando circula la corriente nominal, a través de un devanado estando las terminales del otro devanado en corto circuito. El valor de estas perdidas debe ajustarse a la temperatura de operación.
- b) En los transformadores de devanados múltiples con relación a determinada combinación de dos devanados. Es la potencia activa consumida a frecuencia nominal cuando circula una corriente en las terminales de uno de los devanados de la combinación, correspondiente a la menor de las capacidades nominales de los dos devanados de la combinación estando las terminales del otro devanado en corto circuito y los devanados restantes abiertos.

**6.7. Rigidez dieléctrica.** Propiedad de un dieléctrico por la que se opone a una descarga disruptiva, se mide por la intensidad del campo eléctrico con la que se rompería el dieléctrico.

**6.8. Tensión Nominal.** Tensión a la cual se refieren las características de operación y funcionamiento del transformador.

**6.9. Transformador.** Dispositivo eléctrico estático que por inducción electromagnética transfiere energía eléctrica, de uno o más circuitos, a la misma frecuencia, transformando usualmente los valores de tensión y corriente.

**6.10. Valores de garantía.** Valores que presentan los fabricantes en sus ofertas y que se toman como base para el cálculo de la evaluación del transformador.

## 7 SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS.

<b>NMX</b>	Norma Mexicana.
<b>NOM</b>	Norma Oficial Mexicana.
<b>NRF</b>	Norma de Referencia.
<b>ANCE</b>	Asociación de Normalización y Certificación, A.C.
<b>ANSI</b>	American National Standards Institute (Instituto Nacional Americano de Estándares).
<b>ASTM</b>	American Society for Testing and Materials (Sociedad Americana para Pruebas y Materiales).
<b>NBAI</b>	Nivel Básico de Impulso.
<b>IEEE</b>	Institute of Electrical and Electronics Engineers.
<b>ema</b>	Entidad Mexicana de Acreditación.
<b>IEC</b>	International Electrotechnical Commission (Comisión Internacional Electrotécnica).

 <b>PEMEX</b> <b>Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios</b>	<b>TRANSFORMADORES DE POTENCIA</b>	<b>NRF-144-PEMEX-2005</b>
		<b>Rev.: 0</b>
		<b>PÁGINA 8 DE 40</b>

<b>ASME</b>	American Society of Mechanical Engineers (Sociedad Americana de Ingenieros Mecanicos).
<b>LGEEPA</b>	Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.
<b>MVA</b>	mega volt ampere
<b>kVA</b>	Kilo volt ampere
<b>kV</b>	Kilo volt.
<b>V</b>	Volt.
<b>Z</b>	Impedancia.
<b>k</b>	Factor de asimetria.
<b>mm</b>	Milimetro
<b>m</b>	Metro
<b>USG</b>	United States Standard Gauge
<b>rmc</b>	raíz media cuadrática
<b>pC</b>	Pico Coulomb
<b>K</b>	kelvin

Para los efectos de esta norma con relación a: simbología y valores de unidades de medida, referirse a la NOM-008 SCFI-2002 "Sistema General de Unidades de Medida".

## 8 DESARROLLO.

### 8.1 Generalidades.

Para los efectos de esta norma, se consideran los transformadores de Potencia con capacidad mayor de **500 kVA** de acuerdo a la norma NMX-J-284-1998-ANCE y NMX-J-169-ANCE-2004 y la NRF-048-PEMEX-2003.

El proveedor debe considerar que el equipo se suministrará con una placa de acero inoxidable (ASTM-304 ó equivalente) grabada con los datos y diagramas de conexiones, de acuerdo a lo indicado en la norma de referencia NRF-048-PEMEX-2003 y cumplir con los datos requeridos y especificaciones de la Norma MNX-J-284-1998-ANCE. La placa se debe localizar en un lugar visible y sujetarse al equipo en forma permanente. No se aceptaran adhesivos.

Los dibujos del fabricante deben hacerse usando el sistema métrico de acuerdo a la norma NOM-008-SCFI-2002. Cuando se trate de partes elaboradas usando el sistema inglés, las equivalencias se mostrarán entre paréntesis después de cada dimensión métrica.

El transformador debe estar diseñado y construido de tal manera que pueda soportar los esfuerzos de corriente de corto circuito sin ningún peligro en el intervalo de tiempo especificado por las normas NMX-J-169-2004-ANCE y NMX-J-284-1998-ANCE.

Para capacidades de transformadores de potencia referirse a las tablas 5 y 16 de la norma NMX-J-284-1998-ANCE.

 <b>PEMEX</b> <b>Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios</b>	<b>TRANSFORMADORES DE POTENCIA</b>	<b>NRF-144-PEMEX-2005</b>
		<b>Rev.: 0</b>
		<b>PÁGINA 9 DE 40</b>

La Impedancia debe ser de acuerdo a la norma NMX-J-284-1998-ANCE, tabla 12 ó al menos que se solicite una impedancia garantizada de acuerdo a las necesidades explícitas del sistema eléctrico.

## 8.2 Características técnicas generales.

**8.2.1. Devanados.** Los devanados del transformador deben ser de cobre electrolítico de 99.99% de pureza capaces de soportar las pruebas dieléctricas especificadas, para la clase de aislamiento asignada a cada devanado, así como los requerimientos de corto circuito. (Ver numeral 8.4.2 de esta norma).

**8.2.2. Relación de transformación.** La tolerancia en la relación de voltaje con el transformador sin carga debe ser de  $\pm 0,5\%$  de las tensiones indicadas en la placa de datos, de acuerdo a la norma NMX-J-284-1998-ANCE.

**8.2.3. Desplazamiento angular:** El desplazamiento angular entre tensiones de fase de alta y baja tensión en un transformador trifásico, de acuerdo a su conexión, debe estar conforme a la norma NMX-J-284-1998-ANCE.

**8.2.4. Designación de terminales:** Para los transformadores de dos devanados, el de alta tensión se designa con la letra H y el de menor tensión con la letra X. La Terminal de neutro debe identificarse con la letra propia de devanado y el número 0, es decir H0 ó X0 de acuerdo a la norma NMX-J-284-1998-ANCE.

**8.2.5. Secuencia de fases:** La secuencia de fases debe ser 1,2,3 y en el sentido de giro contrario a las manecillas del reloj, de acuerdo con la norma NMX-J-284-1998-ANCE.

**8.2.6. Frecuencia: 60 Hertz.**

**8.2.7. Cambiador de derivaciones para devanados en alta tensión.**

**8.2.7.1.** Cambiador de derivaciones para operación sin carga. Se debe suministrar un cambiador de derivaciones para operación con transformador desenergizado. Este cambiador debe ser operado con un volante fuera del tanque y sobre la cubierta, localizado en los segmentos uno ó cuatro, debe tener cuatro derivaciones de 2,5% cada una, 2 arriba y dos abajo de la tensión nominal.

**8.2.7.2.** Cambiador de derivaciones automático para operación con carga. Para transformadores de 10 MVA, 115/13.8 kV y mayores se requiere cambiador de derivaciones de operación con carga de alta velocidad tipo resistivo, instalado en el devanado de Alta Tensión ó de acuerdo a las necesidades explícitas del sistema eléctrico y debe cumplir con lo siguiente:

- Todas las derivaciones deben ser a capacidad plena.
- El número de derivaciones no debe ser menor de 27 pasos, 13 arriba y 13 abajo o al menos que se especifique de acuerdo a las necesidades explícitas del sistema eléctricos de la tensión nominal (pasos de 0,7692% cada uno). Las derivaciones deben estar sobre el devanado de alta tensión.
- La banda de regulación total debe ser de  $\pm 10\%$  sobre la tensión nominal, las derivaciones deben estar sobre el devanado de alta tensión, en el caso de auto transformadores las derivaciones se deben tomar del devanado serie.

**8.2.8. Tensión de alimentación equipo auxiliar del transformador:** Debe corresponder a las características indicada a continuación. Para fuerza (motores ventiladores) 480 V de tensión de corriente alterna, 3 fases.

 <b>PEMEX</b> <b>Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios</b>	<b>TRANSFORMADORES DE POTENCIA</b>	<b>NRF-144-PEMEX-2005</b>
		Rev.: 0
		<b>PÁGINA 10 DE 40</b>

Para control y alumbrado 127 V de tensión de corriente alterna, 1 fase. Para control y protección 125 V de tensión de corriente directa.

**8.2.9. Boquillas terminales.** Las boquillas terminales del primario y secundario deben estar localizadas de acuerdo a las necesidades explícitas del sistema eléctrico y en caso de que las boquillas se alojen en cajas, éstas deben ser tipo 3R como se estipula en la NMX-J-235-ANCE-2000. Las cajas dimensionadas de acuerdo a los calibres de los conductores o las dimensiones de las barra. Las boquillas deben ser ubicadas en los segmentos 3 y 1 del transformador respectivamente.

Las boquillas deben cumplir con las características técnicas generales conforme a la norma NMX-J-284-ANCE-1998 numerales 6.4.1 al 6.4.3.

Con referencia a la prueba de descargas parciales para las boquillas se requiere sujetarse a lo indicado en la norma IEC 60137.

**8.2.10. Transformadores de corriente tipo boquilla.** El número, ubicación, relación y clase de precisión de los transformadores de corriente que se requieren, deben de estar de acuerdo a las necesidades explícitas del proyecto.

Estos transformadores deben cumplir con la Norma MNX-J-109-1977.

- a) Todas las terminales de los secundarios de los transformadores de corriente, deben colocarse en una caja localizada sobre un costado del transformador, cerca de la cubierta del tanque y alambrarse hasta las tablillas terminales localizadas en el gabinete de control. Los conductores de los transformadores de corrientes no deben tener empalmes, las terminales deben ser de tipo zapata (ojo, anillo) de tamaño adecuado al calibre del conductor.
- b) Se deben proveer tablillas apropiadas para cortocircuitar los secundarios de los transformadores de corriente en el gabinete de control, no se aceptan interruptores de palanca.
- c) El aislamiento de los conductores que van de los transformadores de corriente a los pasamuros deben ser altamente resistente al aceite, tipo antinflama y para 378.15 K (105°C).
- d) La clase de precisión de estos TC's deben estar de acuerdo con lo indicado con las necesidades explícitas del sistema eléctrico.
- e) La polaridad de los transformadores de corriente debe marcarse en los dibujos del diagrama de alambrado.

**8.2.11 Accesorios.** Los transformadores deben tener los siguientes accesorios.

- a) Placa de datos fabricada de acero inoxidable. De acuerdo a la norma NMX-J-284-1998 ANCE.
- b) El fabricante debe colocar una placa metálica en el tanque con los valores impresos de las siguientes pruebas:
  - Resistencia de aislamiento, indicando tensión, temperatura y resultados de las pruebas.
  - Índice de polarización.
  - Factor de potencia del aislamiento. Indicando tensión, temperatura y resultado de las pruebas.
  - Indicar fecha de embarque.

 <b>Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios</b>	<b>TRANSFORMADORES DE POTENCIA</b>	NRF-144-PEMEX-2005
		Rev.: 0
		PÁGINA 11 DE 40

- Humedad residual (resultados). Nota: sólo si el transformador es embarcado sin aceite e inmerso en nitrógeno.
  - Dos terminales sobre el tanque para conexión del tanque a tierra, tipo B, de acuerdo a la norma NMX-J-284-1998-ANCE.
- c) Los transformadores deben ser equipados con:
- d) Termómetro tipo dial para indicación de la temperatura máxima del líquido con dos indicadores; uno indicando la temperatura del aceite y el otro indicando la temperatura máxima alcanzada.
- e) Indicador de nivel de líquido instalado en el tanque conservador.
- f) Para transformadores de 3.5 MVA, 13.8/4.16, kV y mayores los bancos de radiadores de los transformadores deben suministrarse con válvulas de bloqueo tipo compuerta (no se aceptan válvulas tipo mariposa), para hacerlos removibles del tanque principal y deben contar con ganchos para su fácil remoción. Las válvulas de bloqueo deben ser de cierre hermético. Los radiadores tubulares, deben ser de lámina A-283 grado A, ASTM con calibre mínimo 14 USG (1.897 mm).
- g) Para transformadores menores 3.5 MVA se definirá el tipo de válvula.
- h) Otros accesorios normales de acuerdo a las Normas NMX-J-284-1998-ANCE.

**8.2.12. Instrumentos de protección.** Los transformadores de 3.5 MVA, 13.8/4.16, kV. y mayores, o de acuerdo a las necesidades explícitas del proyecto eléctrico, deben suministrarse con:

- a) Relevador mecánico de sobre presión con señal de alarma y disparo.
- b) Relevador de temperatura de líquido aislante con señal de alarma y disparo.
- c) Relevador de nivel de líquido aislante con señal de alarma por bajo nivel.
- d) Relevador del punto más caliente con señal de arranque de ventiladores, alarma y disparo.
- e) Relevador Buchholz con contactos para señal de alarma y disparo (tipo antisismo), NMX-J-284-1998-ANCE.

Nota: Se debe dejar las preparaciones de medición, señalización y protección, en el tablero de control del propio transformador para la interconexión al sistema de control distribuido y/o de acuerdo a las necesidades explícitas del proyecto eléctrico.

**8.2.13. Nivel de ruido audible.** Al menos que se especifique otra cosa, el nivel de ruido audible promedio del transformador no debe exceder los valores especificados por la norma NMX-J-284-1998-ANCE.

**8.2.14. Clase de enfriamiento.** ONAN antes (OA) aislamiento en aceite mineral por convección natural, enfriado por aire. Los transformadores menores de 3.5 MVA deben tener todas las preparaciones para instalación a futuro de enfriamiento forzado por aire ONAF antes (FA), incluyendo sensores de temperatura, gabinete de control, base para radiadores y tubería. o de acuerdo a las necesidades explícitas del proyecto eléctrico, conforme a la norma MNX-J-284-1998-ANCE.

 <b>Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios</b>	<b>TRANSFORMADORES DE POTENCIA</b>	NRF-144-PEMEX-2005
		Rev.: 0
		PÁGINA 12 DE 40

**8.2.15. Sistema de aire forzado.** Los arrancadores para los motores de los ventiladores del aire forzado y los dispositivos de arranque automático deben ser instalados en caja de conexiones tipo 3R. Los motores deben ser trifásicos en 480 V.

**8.2.16. Sistema de tubería conduit.** Se debe suministrar el sistema de tubería conduit para fuerza y control tipo pesado de acuerdo a la Norma MNX-J- 534-ANCE-2001, desde los instrumentos hasta la caja de conexiones o tablero de control.

### 8.3 Condiciones de operación.

**8.3.1. Operación continua a tensiones arriba de las nominales.** Los transformadores deben poder operar a tensiones arriba de las nominales o debajo de la frecuencia nominal, de acuerdo a lo establecido en las normas NMX J-284-1998-ANCE.

**8.3.2. Operación bajo condiciones de sobrecarga.** El fabricante debe garantizar la operación del transformador para operar en condiciones de sobrecarga, basadas en la norma NMX-J-409-ANCE-2003 vigente. Todos los elementos afectados por esta condición (conectores, guías de conexión, boquillas, cambiadores, TC, entre otros) deben ser diseñados y/o seleccionados para soportarla.

**8.3.3. Requerimientos de operación bajo condiciones de corto circuito.** Los transformadores de potencia, deben ser diseñados construidos y probados para soportar los esfuerzos mecánicos y térmicos producidos durante cortos circuitos externos para cualquier tipo de falla, de acuerdo con NMX-J-284-1998-ANCE.

- a) Duración de la corriente de corto circuito. El transformador, debe ser diseñado para soportar corrientes de corto circuito durante el tiempo de dos segundos, sin exceder en los conductores de cobre la temperatura de 523.15K (250°C).

Se debe considerar que la aplicación del corto circuito se presenta cuando el transformador está a plena carga, esto es a su elevación de temperatura máxima nominal previo al corto circuito.

- b) Magnitud de la corriente de corto circuito. Los transformadores de potencia, a que se refiere esta Norma de Referencia, deben ser diseñados, considerando que la corriente de corto circuito es limitada por la impedancia del propio transformador. El valor de la impedancia del sistema para propósitos de diseño del transformador es el indicado en la norma NMX-J-284-1998-ANCE, tabla 17.

La magnitud de la asimetría a considerar para evaluar la resistencia del transformador a esfuerzos mecánicos, es la obtenida de calcular la corriente máxima simétrica definida en el párrafo anterior

multiplicada por el factor de asimetría.

$$k = \left( 1 + e^{-\left(\frac{\pi r}{x}\right)} \right) \sqrt{2}$$

- c) Cantidad de corto circuitos esperada por año. Cincuenta cortó circuitos por año, con una magnitud de corriente simétrica menor o igual a la obtenida con la tensión máxima nominal y una impedancia equivalente a dos veces la impedancia de corto circuito del transformador.

**8.3.4. Nivel mínimo de protección proporcionado por apartarrayos.** El nivel de protección proporcionado por el apartarrayos es de 20% por abajo del NBAI especificado.

 <b>PEMEX</b> <b>Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios</b>	<b>TRANSFORMADORES DE POTENCIA</b>	<b>NRF-144-PEMEX-2005</b>
		<b>Rev.: 0</b>
		<b>PÁGINA 13 DE 40</b>

**8.3.5. Vida útil esperada del transformador.** Los transformadores deben ser diseñados para alcanzar una vida útil esperada del transformador de cuando menos 25 años, bajo las condiciones de operación y ambiente definidas en esta norma de referencia.

#### **8.4 Características constructivas.**

##### **8.4.1. Núcleo.**

- a) El núcleo debe ser de acuerdo al tipo y capacidad del transformador, de lámina de acero eléctrico al silicio.
- b) El núcleo debe montarse y sujetarse de tal manera que no se produzcan deformaciones, aflojamiento, fatiga, derivadas de los esfuerzos producidos durante corto circuitos, así como durante maniobras y/o transporte.
- c) Los tornillos que sujetan en su posición los devanados, deben tener el valor nominal del par de apriete que asegure la resistencia del devanado a los esfuerzos de corto circuito. Se requiere se proporcione el valor del par de apriete en el instructivo de mantenimiento y operación con objeto de que pueda ser verificado en campo.
- d) El conjunto núcleo-bobina debe estar provisto de los aditamentos necesarios para su izaje.
- e) Para transformadores mayores a 5 MVA, el núcleo debe conectarse a tierra mediante una conexión externa al tanque (boquilla pasamuro), accesible y cubierta con una tapa o caja fabricada en metal, de tal forma que permita la verificación de la resistencia de aislamiento entre núcleo y tanque. Cuando la conexión a tierra sea removida, la resistencia del aislamiento sin líquido aislante entre el núcleo y tanque debe ser mayor a los 200 megaohms, medidos con una tensión de 1000 V tensión en corriente directa y además este aislamiento debe soportar una tensión aplicada de 2 kV (rnc) a una frecuencia de 60 Hertz durante un minuto.
- f) Todos los soportes y elementos estructurales de fijación del núcleo deben estar aislados dieléctricamente del núcleo, con los mismos requerimientos de prueba descritos en el punto anterior. El diseño y los materiales utilizados para el aislamiento de estos soportes deben tomar en cuenta los esfuerzos presentes durante el manejo, el transporte y operación del transformador. No debe sufrir envejecimiento que deteriore su operación durante la vida esperada del equipo al estar expuesto a líquido aislante caliente dentro del intervalo de temperatura de operación especificado. El margen de seguridad para el diseño y selección de materiales debe considerar la vida esperada del transformador y la imposibilidad de ejecutar acciones de mantenimiento. El fabricante debe incluir en el manual del transformador un plano que indique los puntos entre núcleo, estructura de fijación y tanque que estén aislados y no aterrizados.

##### **8.4.2. Devanados y aislamiento.**

- a) Los devanados de los transformadores, deben soportar las pruebas dieléctricas establecidas en esta Norma para el nivel de aislamiento asignada a cada devanado, así como los requerimientos de corto circuito y elevación de temperatura indicados en esta Norma en numeral 8.5.
- b) El diseño y construcción de los conductores, aislamiento y blindajes debe ser tal que no exceda el nivel de descargas parciales, no sólo en las tensiones de operación, sino también durante las pruebas dieléctricas indicadas en esta Norma en numeral 8.3.3.
- c) El transformador totalmente terminado debe cumplir con los valores de pruebas dieléctricas, del nivel de aislamiento, valores de prueba de impulso con onda completa, onda cortada y valores de

 <p><b>Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios</b></p>	<p><b>TRANSFORMADORES DE POTENCIA</b></p>	<p><b>NRF-144-PEMEX-2005</b></p> <p>Rev.: 0</p> <p><b>PÁGINA 14 DE 40</b></p>
--	---	---

prueba de baja frecuencia de acuerdo a las normas NMX-J-284-1998-ANCE tabla 8 y NMX-J-169-2004-ANCE.

- d) Para transformadores clase II, el valor máximo permisible de descargas parciales debe ser el medido de acuerdo a la norma ANSI/IEEE C57.113-1991 ó equivalente durante la prueba de tensión inducida de larga duración y debe ser menor a 300 pC, registrado cada cinco minutos durante la hora que dura la aplicación de la tensión de prueba de 1,5 veces la tensión nominal máxima de fase a tierra, aplicada después de que se ha esforzado dieléctricamente el transformador durante 7 200 ciclos, con una tensión de realce de 1,732 veces la tensión máxima fase a tierra. Para transformadores clase I no aplica esta prueba.
- e) Se deben usar conexiones atornilladas en las boquillas de baja tensión. En las boquillas de alta tensión se pueden utilizar conexiones atornilladas del lado del líquido aislante y/o guías de cable pasado. Todas las conexiones deben tener contratueras y seguros que garanticen la confiabilidad del apriete y la baja resistencia de contacto de la conexión durante la operación y vida esperada del transformador. Las conexiones (conectores y terminales) deben estar libres de puntas y filos que produzcan descargas parciales y/o efecto corona en el líquido aislante.
- f) Los devanados y el núcleo completamente ensamblados deben secarse al vacío o mediante una combinación de vacío-temperatura u otro sistema debidamente probado, sin que se exceda la temperatura máxima del nivel de aislamiento especificada. El fabricante debe incluir dentro de los reportes de pruebas, las curvas del proceso de secado (temperatura, vacío, extracción de agua por hora masa de aislamiento, factor de potencia de aislamiento, resistencia de aislamiento vs. tiempo), firmadas por el supervisor de aseguramiento de calidad de la planta, el supervisor del contratista y PEMEX.
- g) El factor de potencia de los aislamientos de los devanados contra tierra y entre devanados corregidos a 293.15K (20 °C), debe ser menor de 0,5%. De acuerdo al método II, inciso 10.10, tabla 4 de la norma C57.12.90 ó equivalente.
- h) El diseño de la disposición de las bobinas que forman los devanados debe asegurar la circulación del líquido aislante, para que la temperatura sea menor a la temperatura máxima del nivel de aislamiento en cualquier parte, para la condición de capacidad más crítica (112% de la capacidad nominal), y asegurar que el ensamble de las bobinas permanezca rígido, el diseño mecánico, la cantidad de espaciadores y la localización de éstos, asimismo debe tomar en cuenta la condición más severa de los esfuerzos mecánicos producidos durante cortos circuitos y la vida esperada del equipo.
- i) El ensamble completo de devanados y guías de conexión, debe estar sujeto y soportado de manera que resista los esfuerzos mecánicos producidos por la vibración del transformador y por la ocurrencia de cortos circuitos. Debe preverse en su ubicación que no obstruyan el flujo del líquido aislante de enfriamiento del transformador, no debe sufrir ningún desajuste ni deformación durante el embarque, transporte y maniobras.
- j) Pruebas de corto circuito. La ejecución de pruebas de corto circuito en los transformadores de potencia cubiertos por esta Norma es por cada prototipo igual en potencia y relación de transformación. El fabricante debe presentar constancias y certificados de aprobación de estas pruebas por un Laboratorio acreditado por la **ema** o por organismos de acreditación equivalentes en otros países que han firmado convenios de reconocimiento mutuo y el procedimiento de ejecución y evaluación de la prueba es el indicado en la norma NMX-J 284-1998-ANCE.
- k) Los materiales utilizados en la construcción deben ser nuevos y compatibles con el líquido aislante y con la temperatura máxima presente bajo condiciones normales y máximas de operación.

 <b>PEMEX</b> <b>Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios</b>	<b>TRANSFORMADORES DE POTENCIA</b>	<b>NRF-144-PEMEX-2005</b>
		<b>Rev.: 0</b>
		<b>PÁGINA 15 DE 40</b>

- l) Los conectores terminales deben ser diseñados en dimensiones y área de contacto de acuerdo a la magnitud de la corriente máxima, no deben forzarse ni ser doblados, para dar el ángulo de contacto con el punto a conectarse.
- m) El cable de conexión que salga de devanados o de la conexión, a cualquier accesorio cambiador de derivaciones ó boquillas, debe ser de una sola pieza. No se aceptan empates o empalmes.
- n) Las interconexiones internas para el cierre de deltas o guías a las boquillas y cambiador de derivaciones deben estar aisladas en toda su longitud.

#### 8.4.3. Tanque de acero, cubiertas y bases.

- a) El transformador por su capacidad y características debe ser diseñado con un Sistema de preservación del líquido aislante del tipo "Sistema con tanque de expansión" para transformadores de 5 MVA, 13.8/4.16, kV. y mayores, o de acuerdo a las necesidades explícitas del proyecto eléctrico como se define en la norma NMX-J-284-1998-ANCE, en el cual el líquido aislante contenido en el tanque del transformador está sellado con respecto a la atmósfera a través de un tanque de expansión y el tanque de expansión está aislado de la atmósfera por medio de diafragma elástico.
- b) Los tanques y cubiertas de los transformadores deben ser construidos de placa de acero ASTM A36, diseñada para ser soldada y de una construcción que resista sin daño alguno los esfuerzos inherentes al embarque, transporte, instalación, operación y pruebas. Todas las soldaduras deben realizarse y evaluarse por personal y métodos certificados.
- c) El tanque del transformador debe estar diseñado de tal manera que cuando esté totalmente ensamblado, soporte sin deformación permanente, una presión 25% mayor que la presión máxima de operación que resulte del sistema de preservación del líquido aislante utilizado de acuerdo a las normas NMX-J-169-2004-ANCE y NMX-J-284-1998-ANCE.
- d) Adicionalmente el tanque principal, la cubierta, los radiadores, el tanque de expansión y los accesorios deben ser capaces de resistir, sin sufrir daños ó deformaciones permanentes, los esfuerzos producidos al aplicar un valor de presión negativa (vacío) de 102 kPa, al nivel del mar.
- e) El tanque completo con sus accesorios debe soportar cuando este totalmente ensamblado una presión de 102 kPa durante 6 horas sin presentar ninguna deformación permanente ni fugas a través de soldaduras y del sistema de empaques.
- f) Prueba hidrostática. Esta prueba consiste en aplicar una presión de 69 kPa durante (2) horas de acuerdo a ASME Pressure Vessel, de la sección VIII, división 1 ó equivalente.
- g) El tanque conservador provisto de diafragma debe ser probado por separado con el mismo valor y tiempo indicado anteriormente.
- h) La placa de datos del transformador debe indicar las presiones máximas positivas y negativas que el transformador puede soportar sin sufrir daños.
- i) El ensamble de la cubierta con las paredes del tanque principal, debe ser soldado.
- j) En caso de utilizar blindajes magnéticos, para evitar sobrecalentamientos en las paredes del tanque, estos deben ser claramente indicados en los planos.

 <b>PEMEX</b> <b>Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios</b>	<b>TRANSFORMADORES DE POTENCIA</b>	<b>NRF-144-PEMEX-2005</b> <hr/> <b>Rev.: 0</b> <hr/> <b>PÁGINA 16 DE 40</b>
---	------------------------------------	---

- k) El tanque y la cubierta deben estar libres de rebabas y de sustancias corrosivas y extrañas antes del ensamble.
- l) El tanque debe tener guías que faciliten el movimiento del núcleo para remover y colocar el conjunto núcleo-bobinas dentro del tanque sin causar ningún daño.
- m) Deben suministrarse dispositivos de soporte y fijación para prevenir el movimiento del ensamble del núcleo y bobinas durante el transporte. En caso de utilizarlos, estos deben estar claramente indicados en los planos e instrucciones de montaje.
- n) En base a la capacidad base de los transformadores (ONAN), se requiere de los siguientes registros de hombre de acuerdo a la norma MNX-J-284-1998-ANCE:
  - o) La cubierta del tanque debe tener al menos dos registros hombre, que ofrezcan fácil acceso para realizar trabajos de reapriete de guías y de bobinas al yugo superior, al extremo inferior de las boquillas, a las terminales y a la parte superior de los devanados, y que permita reemplazar cualquier equipo auxiliar, sin necesidad de quitar la cubierta del tanque.

Las dimensiones y características de los registros deben ser las establecidas en la norma NMX-J-284-1998-ANCE, numeral 6.3.2 los registros deben tener tapa con tornillería de acero inoxidable.
- p) Las superficies a las que se les coloca empaque, deben ser lisas, planas y tener la suficiente rigidez para asegurar la compresión adecuada de los empaques. Se deben prever cajas maquinadas para recibir los empaques, los cuales no deben sobresalir de esas cajas.
- q) Los tanques deben tener las orejas necesarias, de tal manera que el transformador pueda jalarse en cualquier dirección, así como para el izaje y manejo cuando el transformador está ensamblado y con líquido aislante.
- r) La cubierta del tanque debe diseñarse con una pendiente entre 1 y 1.5 grados, de tal manera que se evite la acumulación de agua. Así mismo, los radiadores deben diseñarse de manera que no permitan la acumulación de agua. Debe ser claramente indicado en los planos.
- s) El diseño del tanque debe asegurar el drenado completo del líquido aislante y residuos que se depositen en el fondo del mismo, sin necesidad de inclinar el tanque.
- t) Los radiadores deben ser del tipo tubular y desmontables por medio de bridas (No se aceptan tipo oblea). El diseño de los radiadores y bridas en la pared del tanque, debe ser tal que eviten sobreesfuerzos mecánicos en su punto de acoplamiento para evitar fugas de líquido aislante. Los radiadores deben ser de lámina rolada, de acero al carbón calibre mínimo 14 USG, y calibre 12 USG en los cabezales.
- u) Las válvulas de acoplamiento superiores e inferiores de los radiadores, deben tener indicador de posición, estar bridadas al tanque y proporcionar un cierre hermético. Las dimensiones de las válvulas deben ser congruentes con el diámetro de la tubería utilizada en los cabezales de los radiadores.
- v) El tanque del transformador, de acuerdo a las necesidades explícitas del proyecto eléctrico, deben proporcionarse con una base de acero estructural con ruedas tipo ferrocarril, adecuado para soportar el peso total del transformador, tanto en reposo como en movimiento. Las ruedas deben ser de acero fundido con superficie de rodamiento y ajustables en dos direcciones a 1.571 radianes (90°). El sistema de lubricación de las chumaceras debe ser a base de grasa a presión.

 <b>PEMEX</b> <b>Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios</b>	<b>TRANSFORMADORES DE POTENCIA</b>	<b>NRF-144-PEMEX-2005</b> Rev.: 0 <b>PÁGINA 17 DE 40</b>
---	------------------------------------	--

- w) Para el montaje de las ruedas, cada transformador debe equiparse en su base con placas de acero estructural calculadas para soportar los esfuerzos del peso del transformador completo incluyendo líquido aislante y sus accesorios cuando esté en reposo o en movimiento. Estas placas deben ir soldadas en fábrica al tanque del transformador.
- x) La distancia entre las ruedas debe ser adecuadas al tamaño y masa que permita mantener su centro de gravedad. Estas ruedas se apoyaran en rieles estándar para ferrocarril.
- y) Se debe proporcionar los medios necesarios para conectar a tierra en dos puntos el tanque del transformador, estos deben incluir los tornillos y rondanas necesarias, las cuales pueden ser de acero inoxidable o bronce. El conector para el aterrizamiento del tanque del transformador debe ser capaz de alojar cables con una sección transversal de hasta 126,64 mm<sup>2</sup>. (4/0 AWG).

**8.4.4. Empaques.** Todos los empaques para boquillas, registros de hombre, registros de mano, radiadores, válvulas y demás accesorios deben ser de material elastomérico, de una sola pieza compatibles con el líquido aislante. Deben estar indicados claramente en una lista de partes que debe ser incluida en el instructivo e identificados con número de partes, indicando la posición y el material de que están fabricados. Los empaques deben ser instalados en ranuras maquinadas para satisfacer las condiciones de operación y ambientales durante la vida esperada del transformador, establecidas en esta norma. Empaques de dimensiones grandes, tales como los utilizados en las cámaras de los cambiadores de derivaciones, que no sea posible fabricarlos de una sola pieza y que sean requeridas uniones, esta(s) deben ser vulcanizadas.

El fabricante debe diseñar para garantizar la hermeticidad (cero fugas a través de empaques) del transformador al menos por 15 años sin necesidad de cambiar algún empaque.

**8.4.5. Acabado.**

- a) Acabado interno. Las superficies interiores del tanque deben limpiarse con abrasivos a presión hasta metal blanco, aplicando después un recubrimiento de color claro compatible con el líquido aislante.
- b) Acabado externo. El transformador debe recibir en las en las superficies externas ferrosas un proceso de acabado con un tratamiento de limpieza, un tratamiento anticorrosivo (primer) y las capas de pintura final de acuerdo a lo siguiente.

Toda la superficie del tanque, así como los radiadores y la tapa del transformador, excepto las galvanizadas, deben limpiarse con un proceso que permita obtener metal blanco, y la pintura que se aplique será de epóxico catalizado, con una capa de recubrimiento primario RP-6m de 0.05 mm (2 milésimas de pulgada) de espesor, y un recubrimiento de acabado RA-26m en dos capas que den 0.127 mm (5 milésimas de pulgada) de espesor, con color Verde PEMEX 628.ó de acuerdo con numeral 8.9.1 de la NRF-048 PEMEX- 2003.

Se acepta el tratamiento de fosfato de zinc previo a la pintura, que debe ser polvo de poliéster aplicado electrostáticamente. En cualquiera de los dos procesos, la película de pintura debe ser uniforme en color y sin burbujas; lisa, sin escamas o rayaduras.

El acabado de pintura para inhibir la formación de corrosión en materiales de metal ferroso, debe probarse y evaluarse de acuerdo a los párrafos 5.2.8.1-7 de ANSI/IEEE C37.20.2-1999 ó equivalente. Las pruebas de resistencia al rocío de sal se efectuarán de acuerdo con ASTM D-1654 y B-117 ó equivalente, y se realizarán en probeta para prototipo para proporcionar el cumplimiento de 1500 horas como mínimo en cámara salina.

 <b>PEMEX</b> <b>Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios</b>	<b>TRANSFORMADORES DE POTENCIA</b>	<b>NRF-144-PEMEX-2005</b> Rev.: 0 <b>PÁGINA 18 DE 40</b>
---	------------------------------------	--

**8.4.6. Gabinete de control.** El gabinete de control para las terminales de los circuitos de alarma, de los secundarios de los transformadores de corriente y del equipo de control de ventiladores, debe ser de lámina de acero para servicio intemperie tipo 4X, localizado de tal manera que su parte mas alta no exceda 2 m y su parte más baja se localice a menos de 0.3 m del piso, cumplir con lo requerido en la norma NMX-J-284-1998-ANCE y con las siguientes características:

- a) Puerta con bisagras, provista de empaque y conectada a tierra por medio de una trenza flexible de cobre.
- b) Previsión para tubos conduit por la parte inferior para la llegada del cableado externo.
- c) Manija con chapa a prueba de intemperie, garantizada por la vida del transformador.
- d) Este gabinete debe alojar las tablillas terminales de fuerza, control, y para terminales de transformadores de corriente, con un 20% mínimo de terminales en reserva.
  - Tablillas de fuerza, para 600 V, de la capacidad necesaria.
  - Tablillas de control, para 600 V, 30 A.
  - Tablillas de transformadores de corriente, para 600 V, 30 A, con un dispositivo para cortocircuitar las terminales. Este debe ser indicado en los planos y aprobado por PEMEX.
- e) Alambrado. Todo el alambrado de fuerza, control y transformadores de corriente debe conectarse a tablillas terminales, cada cable debe tener su propia identificación de acuerdo con el diagrama de alambrado. Esta identificación debe ser permanente e imborrable.
- f) Alimentación, control y protección del sistema de enfriamiento.
- g) Resistencia calefactora controlada por un termostato ajustable de rango 273.15k (0°C) a 323.15K (50°C) cuya alimentación debe ser de 127 ó 220 V de tensión de corriente alterna.
- h) Placa de diagrama de conexiones, que contenga el diagrama de conexiones, para identificación de terminales y equipos.
- i) Barra de cobre para conexión a tierra de 6 x 25 mm a lo largo del tablero, con conector en sus extremos para recibir cable 67.43 a 107,2 mm<sup>2</sup> (2/0 a 4/0 AWG).
- j) Lámpara de alumbrado fluorescente ahorradora de energía de 120 V de tensión de corriente alterna con su apagador correspondiente.
- k) El diseño debe considerar el espacio suficiente para permitir el uso de herramientas durante las actividades de instalación y mantenimiento.
- l) El gabinete de control en lo referente al control de ventiladores debe incluir lo siguiente:
  - Interruptor termomagnético general.
  - Interruptor térmico por grupo o paso de enfriamiento.

 <b>PEMEX</b> <b>Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios</b>	<b>TRANSFORMADORES DE POTENCIA</b>	<b>NRF-144-PEMEX-2005</b> Rev.: 0 <b>PÁGINA 19 DE 40</b>
---	------------------------------------	--

- Arrancadores magnéticos directos a la línea, para arranque y paro de grupo o paso de enfriamiento.
- Dispositivo selector para operación manual/automático, esto es, para operación automática por medio de los dispositivos térmicos y para operar manualmente los ventiladores, independientemente de los dispositivos térmicos.
- Relevador de pérdida de fase o baja tensión para protección de los motoventiladores y motobombas.

**8.4.7. Líquido aislante.** El transformador y el cambiador de derivaciones bajo carga deben operar con líquido aislante nuevo, no tóxico, biodegradable libre de bifenilos policlorados (BPC), que cumpla con las características solicitadas en la norma NMX J-123-ANCE-2001.

El transformador se debe suministrar con el líquido aislante, en caso de imitaciones para el transporte se acepta que el líquido aislante se suministre por separado.

**8.4.8. Sistema de enfriamiento.** El sistema de enfriamiento del transformador debe cumplir con lo especificado en las normas NMX-J-284-1998-ANCE y ANSI/IEEE C57.12.00, ó equivalente. Su diseño debe evitar la acumulación de agua en cualquier parte y contar con lo siguiente:

- a. Sistema de enfriamiento ONAN. (Aislamiento en aceite mineral, enfriado por aire por convección natural).

El transformador debe contar con un número suficiente de radiadores, con el objeto de que el transformador no exceda las temperaturas máximas permisibles señaladas en esta Norma de Referencia.

- Los radiadores deben ser del tipo tubular y desmontables por medio de bridas (no se aceptan tipo oblea). El diseño de los radiadores y bridas en la pared del tanque debe ser tal que eviten sobreesfuerzos mecánicos en su punto de acoplamiento para evitar fugas de aceite. Los radiadores deben ser de lámina rolada de acero al carbón calibre mínimo 14 USG, y calibre 12 USG en los cabezales.
- Los radiadores deben constar con válvulas de acuerdo al numeral 8.2.11 de esta norma, a la entrada y salida del tanque para que puedan montarse ó desmontarse del transformador, sin necesidad de extraer el líquido aislante del transformador.
- Las válvulas de acoplamiento superiores e inferiores de los radiadores, deben tener indicador de posición, estar bridadas al tanque y proporcionar un cierre hermético. Las dimensiones de las válvulas deben ser congruentes con el diámetro de la tubería utilizada en los cabezales de los radiadores.
- Los radiadores deben contar con medios de izaje y con drenes en ambos cabezales y los que son de un mismo lote de transformadores de la misma capacidad deben ser intercambiables.
- Los radiadores deben resistir, sin sufrir daños ó deformaciones permanentes, los esfuerzos producidos al aplicar presión y vacío como se indica para el tanque principal. Se debe entregar un reporte con las pruebas realizadas.
- Los radiadores deben contar con espacio para poder instalar o desmontar los ventiladores, estando el transformador en operación.

 <b>Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios</b>	<b>TRANSFORMADORES DE POTENCIA</b>	<b>NRF-144-PEMEX-2005</b>
		<b>Rev.: 0</b>
		<b>PÁGINA 20 DE 40</b>

- b. Sistema de enfriamiento ONAF. (Enfriamiento forzado por aire).

Los motores de los ventiladores deben ser trifásicos y cumplir con lo siguiente:

- Totalmente cerrados.
  - Sistema de rodamiento de bolas con doble sellado, lubricados con grasa para servicio pesado.
  - Motor a prueba de agua, con un retén en la flecha que la proteja contra el agua.
  - Todas sus partes internas, incluyendo el rotor y piezas pequeñas deben estar protegidas contra la corrosión.
  - Motor diseñado para ser usado en cualquier posición.
  - Servicio intemperie.
  - Frecuencia 60 Hz.
  - Clase de aislamiento tipo F.
  - Motor con drenes que permitan drenar la condensación interna.
  - Contar con dispositivos de protección contra corto circuito y contra sobrecargas.
- Los ventiladores deben contar con aspas para servicio pesado de una pieza de fundición de aluminio, diseñados para una alta eficiencia y bajo nivel de ruido, deben contar con una rejilla protectora frontal y trasera para prevenir la entrada de objetos mayores a 12.5 mm de diámetro hacia las aspas y ser balanceados como unidad completa.
  - El control de los pasos de enfriamiento debe hacerse con base en la temperatura, esto es, por un termómetro de imagen térmica de devanados que considere los efectos de la temperatura del líquido aislante y de la corriente de carga en el transformador.

**8.4.9. Sistema conservador.** Para transformadores de 5 MVA, 13.8/4.16, kV. y mayores, o de acuerdo a las necesidades explícitas del proyecto eléctrico, el sistema de conservación de aceite con tanque de expansión debe permitir:

- La expansión del volumen de líquido aislante debida a la temperatura para un máximo de 383.15K (110°C).
  - Compensar el nivel del tanque principal debida a la disminución de volumen del líquido aislante cuando la temperatura ambiente sea baja, mínimo 268.15k (-5°C).
  - Mantener el líquido aislante libre de contacto del oxígeno de la atmósfera.
- a) Tanque de expansión. Este equipo debe ser diseñado para resistir sin sufrir daños ó deformaciones permanentes los esfuerzos producidos al aplicar presión y vacío como se indica para el tanque principal. Se debe entregar un reporte con las pruebas realizadas. A este tanque se le debe incluir adicionalmente a lo que el propio diseño requiere, lo siguiente:
- Válvula para filtrado colocada en la parte superior.
  - Válvula que sirva para muestreo, filtrado y drenado total, colocada en la parte inferior.
  - Tubo de conexión entre el tanque principal y el tanque conservador para acoplar el relevador Buchholz. Este tubo debe tener una pendiente no menor de 4% que satisfaga el correcto funcionamiento del relevador Buchholz.
  - Indicador magnético de nivel de aceite.
  - Registro que permita la limpieza e inspección del interior del tanque conservador.
- b) **Preservación del líquido aislante.** Para evitar el contacto del líquido aislante con la atmósfera, se debe suministrar un sistema de sello con diafragma elástico con una interconexión con el tanque conservador que los independice o que permita su comunicación, para cuando se realiza trabajos de mantenimiento o bien el equipo está en operación normal.

 <b>PEMEX</b> <b>Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios</b>	<b>TRANSFORMADORES DE POTENCIA</b>	<b>NRF-144-PEMEX-2005</b> <b>Rev.: 0</b> <b>PÁGINA 21 DE 40</b>
---	------------------------------------	---

**8.4.10. Cambiador de derivaciones bajo carga.** El Cambiador de derivaciones indicado en 8.2.7.2 , para operación bajo carga de operación automática y manual, conectado en el devanado de alta tensión debe satisfacer los requerimientos de la norma IEC 60214 y lo siguiente:

- a) El cambiador debe estar alojado en un compartimiento externo al tanque principal, mediante pasamuros. Debe contar con medios de drenado, llenado, indicador de nivel de aceite con alarma por bajo nivel, con protección contra sobrepresiones internas. La respiración debe ser a través de un medio desecante.
- b) El compartimiento del cambiador debe soportar las mismas condiciones de presión y vacío del tanque principal y debe contar con válvula para obtener muestras del líquido aislante.
- c) El cambiador debe suministrarse completo con todos los aparatos y accesorios para su control e indicación de posición tanto local y remota.
- d) Gabinete de control exclusivo para el cambiador, conteniendo el mecanismo a motor y conmutadores para los circuitos de control.
  - Remoto-local (contactos sostenidos).
  - Subir-bajar (contactos momentáneos).
  - Indicador de posición (no se acepta tipo lámpara), con equipo de control y puerto de comunicación y con protocolo compatible, para enviar remotamente la señal de posición del cambiador.
  - Gabinete instalado a un costado del tanque del transformador con características y accesorios como los requeridos para el gabinete de control principal del transformador.
- e) El circuito de control del cambiador debe diseñarse para que cada operación del conmutador para subir o bajar cause solamente el movimiento de un paso a otro consecutivo, independiente de la duración del pulso de control.
- f) Suministrar el cambiador de derivaciones bajo carga, con equipos y accesorios no descritos pero necesarios para la correcta operación a la carga máxima del transformador.

**8.4.11. Boquillas de alta tensión, baja tensión y neutro.** Todos los extremos de los devanados deben llevarse al exterior a través de boquillas montadas en la cubierta o en las paredes del tanque.

Las boquillas deben cumplir con las características generales eléctricas y mecánicas indicadas en la norma NMX-J-284 1998-ANCE numeral 6.4.1.1. Los requerimientos de descargas parciales indicados en el estándar IEC-60137 ó equivalente, deben ser para servicio interperie y estar dotadas de conectores apropiados de acuerdo a las necesidades explícitas del proyecto eléctrico. Las boquillas de un mismo lote de transformadores de características similares deben ser completamente intercambiables.

Todas las boquillas deben ser seleccionadas con un nivel de aislamiento de valor igual o mayor al de los devanados a los que se conecten las boquillas.

Las boquillas para alta tensión igual o mayor de 115kV deben ser tipo niebla para uso en ambientes con contaminación elevada.

El fabricante del transformador debe requerir del fabricante de boquillas el reporte de todas las pruebas de rutina, así como también la evidencia de pruebas de prototipo en boquillas 100% similares, por medio de certificados de prueba.

 <b>PEMEX</b> <b>Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios</b>	<b>TRANSFORMADORES DE POTENCIA</b>	<b>NRF-144-PEMEX-2005</b>
		<b>Rev.: 0</b>
		<b>PÁGINA 22 DE 40</b>

Los materiales utilizados en la construcción de las boquillas expuestas a la intemperie deben ser seleccionados para soportar las condiciones ambientales sin sufrir daños o envejecimiento. Debe evitarse la incompatibilidad de materiales por pares galvánicos (corrosión galvánica).

Deben suministrarse los conectores terminales para la conexión a la boquilla con cables, barras o bus aislado, de acuerdo a las necesidades explícitas al proyecto eléctrico. El fabricante debe proporcionar una lista e indicar en planos el tipo de tuercas, tornillos, seguros y el par de apriete que garantice una conexión confiable, de tal manera que elimine la posibilidad de puntos calientes que deterioren el aislamiento de las boquillas.

**8.4.12. Cámara de conexiones.** Debe ser metálica, con el mismo acabado exterior que el transformador, de acuerdo a las necesidades explícitas del proyecto eléctrico y la norma NMX-J-284-1998-ANCE numeral 6.5.3.

La tapa inferior de la garganta debe ser inclinada y con un drene de 13 mm en la parte más baja.

Debe dejarse un conector tipo "A" de acuerdo a la norma NMX-J-284-1998-ANCE, en la parte inferior de la garganta, para aterrizaje de la pantalla del cable aislado.

**8.4.13. Transformadores de corriente.** La ubicación de los transformadores de corriente que se requieran debe cumplir con las normas NMX-J-109-1977 y con lo siguiente:

- a. Todas las terminales de los secundarios de los transformadores de corriente, deben colocarse en una caja localizada sobre un costado del transformador, cerca de la cubierta del tanque y alambrarse hasta las tablillas terminales localizadas en el gabinete de control. Los conductores de los transformadores de corrientes al pasamuros no deben tener empalmes, las terminales deben ser de tipo zapata (ojo, anillo) de tamaño adecuado al calibre del conductor.
- b. Se deben proveer tablillas apropiadas para cortocircuitar los secundarios de los transformadores de corriente en el gabinete de control, no se aceptan interruptores de palanca.
- c. El aislamiento de los conductores que van de los transformadores de corriente a los pasamuros deben ser altamente resistente al líquido aislante, tipo antinflama y para 378.15K (105°C).
- d. La clase de precisión de estos TC's debe estar de acuerdo a las necesidades explícitas del proyecto eléctrico.
- e. La polaridad de los transformadores de corriente debe marcarse en los dibujos del diagrama de alambrado.

**8.4.14. Accesorios.** El transformador debe contar con los accesorios mencionados en la norma NRF-048-PEMEX-2003, los indicados en esta Norma de Referencia y los relacionados a continuación:

- a. Dispositivo de alivio de presión.
- b. Relevador de acumulación de gases (Relevador Buchholz).
- c. Indicador de nivel de líquido aislante.
- d. Termómetro indicador de temperatura de líquido aislante.
- e. Válvulas de drenaje, muestreo, filtro y vacío.
- f. Aditamentos de maniobras.
- g. Placas de conexión a tierra del tanque del transformador.
- h. Indicador de temperatura de los devanados.
- i. Tubería y sus accesorios.
- j. Alambrado de fuerza y control.
- k. Detectores de temperatura de devanados.
- l. Placa de datos.

 <b>PEMEX</b> <b>Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios</b>	<b>TRANSFORMADORES DE POTENCIA</b>	<b>NRF-144-PEMEX-2005</b>
		Rev.: 0
		<b>PÁGINA 23 DE 40</b>

Todos los relevadores, dispositivos e indicadores deben contar con contactos para señal de alarma y o disparo, de 5 A. 120 V de tensión de corriente directa, convertibles a NA o NC, con caja o compartimientos sellados a prueba de intemperie.

Todos los instrumentos deben tener un diámetro o largo y ancho mínimo de 114.3 mm (4,5 pulgadas).

A continuación se mencionan algunas características complementarias de los accesorios.

- a. Dispositivo de alivio de presión. Este dispositivo tiene por objeto expulsar los gases y el líquido aislante al aumentar la presión interior del transformador. El funcionamiento debe ser verificado por el fabricante y atestiguado por el contratista y PEMEX, durante la inspección.

La válvula de alivio de sobre presión debe contar con contactos de alarma y restablecimiento manual del indicador de operaciones. Debe ser ajustable entre 56 y 70 kPa. En la propuesta el fabricante debe describir la operación de este elemento y confirmar los valores de operación.

- b. Relevador de acumulación de gases (Relevador Buchholz). El fabricante debe seleccionar e instalar un relevador accionado por gases que opere por acumulación de gases, con contactos de alarma y disparo. El fabricante debe verificar el correcto funcionamiento de este relevador y ser atestiguado por el Contratista y/o PEMEX durante la inspección.

Debe instalarse colocando válvulas en ambos extremos (lado tanque principal y lado tanque conservador).

El fabricante debe diseñar las tuberías de conexión al relevador Buchholz, de tal manera que todos los gases que se produzcan en cualquier parte del tanque principal pasen por el relevador Buchholz y que aseguren la operación correcta del relevador.

- c. Indicador de nivel de aceite. Un indicador magnético del nivel de aceite, que cumpla con lo establecido en las normas NMX J-284-1998-ANCE y debe tener marcas de 298.15K (25°C) (nivel normal, bajo y alto).
- d. Termómetro indicador de aceite. Un termómetro indicador de aceite tipo carátula que cumpla con lo establecido en la norma NMX J-284-1998-ANCE, debe contar con contactos ajustables a diferentes temperaturas.
- e. Válvulas de drenaje, muestreo, filtro y vacío. Un juego de válvulas que cumpla con lo indicado en las normas NMX J-284-1998-ANCE y lo siguiente:
- Se debe tener una válvula inferior para drenaje y filtrado del líquido aislante en la parte baja de la pared del tanque. Sobre la válvula de drenaje y como parte integrante o combinación de ella, entre el asiento de ésta y el tapón, debe localizarse una válvula de muestreo. Esta válvula de muestreo debe estar equipada con tapón del mismo material.
  - La válvula superior de filtrado y de acceso por vacío debe ser de 50.8 mm.
- f. Aditamentos de maniobras. Deben suministrarse provisiones para levantamiento, palanqueo y apoyo para gatos mecánicos como se indica en la norma NMX-J-284-1998-ANCE, mismos que deben diseñarse con un factor de seguridad de 5 como mínimo.

 <b>PEMEX</b> <b>Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios</b>	<b>TRANSFORMADORES DE POTENCIA</b>	<b>NRF-144-PEMEX-2005</b>
		<b>Rev.: 0</b>
		<b>PÁGINA 24 DE 40</b>

Cada transformador debe contar con los dispositivos de izaje (ganchos y orejas) necesarios para un levantamiento completo y para maniobras, así como para el levantamiento de la cubierta y el conjunto núcleo – bobinas, deben diseñarse con un factor de seguridad de 5 como mínimo.

Adicionalmente el transformador debe contar con una base de acero estructural con ruedas tipo ferrocarril, de acuerdo a las necesidades explícitas del proyecto eléctrico.

- g. Placas de conexión a tierra del tanque del transformador. Dos placas de conexión a tierra del tanque del transformador que cumplan con lo indicado en la norma NMX-J-284-1998-ANCE.
- h. Indicador de temperatura de devanados. Debe suministrarse un indicador de temperatura de los devanados para cualquiera de los tipos de enfriamiento forzado.

Este indicador de temperatura de los devanados o de imagen térmica, debe incluir un termopozo que aloje una resistencia por la cual circula una corriente secundaria y un transformador de corriente, con objeto de obtener una indicación de la temperatura de los devanados.

Los termopozos deben ser de una sola pieza y soportar el vacío al cual debe ser sometido el tanque del transformador.

Este indicador debe tener contactos para enfriamiento ONAN/ONAF y estar de acuerdo con la norma NMX-J-284-1998-ANCE.

- i. Tubería y sus accesorios. Toda la tubería conduit, condulets, conectores y demás accesorios que se utilicen para la conducción de cables fuerza y control incluyendo los sistemas de enfriamiento, alarma, transformadores de corriente, relevadores Buchholz, relevador de sobre presión, de imagen térmica, deben ser para servicio intemperie. No se acepta la utilización de cable uso rudo ó de los refuerzos del tanque para canalización de cables, ya que estos deben estar alojados únicamente en tubería conduit.

La tubería conduit, como canalización para los conductores, debe ser de fierro galvanizado pared gruesa tipo pesado, fabricada de acuerdo a norma NMX-J-534-ANCE-2001 y la trayectoria y cableado debe ser indicados claramente en los planos del fabricante. El tubo debe fijarse con abrazaderas a las paredes del tanque.

El diámetro mínimo de los tubos conduits debe ser de 25,4 mm.

Los conduits que entren a cubiertas y cajas de terminales deben ser roscados, con contratuerca y monitor.

La conexión a cajas de conexiones de motores, debe hacerse por medio del tubo conduit flexible metálico engargolado con cubierta protectora de polietileno.

- j. Alambrado de control y fuerza. El alambrado de control entre los diversos aparatos y la caja de conexiones del transformador debe ser hecho por el fabricante atendiendo a los siguientes requisitos:
  - El alambrado de llegada debe ser a un mismo lado de la tablilla terminal. Cualquier conexión común que se requiera por el fabricante debe ser hecha en este mismo lado dejando libre el otro para el alambrado de campo.
  - El arreglo del alambrado debe ser tal que los aparatos e instrumentos puedan ser removidos sin causar problemas en el alambrado.

 <b>PEMEX</b> <b>Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios</b>	<b>TRANSFORMADORES DE POTENCIA</b>	<b>NRF-144-PEMEX-2005</b>
		<b>Rev.: 0</b>
		<b>PÁGINA 25 DE 40</b>

- La ruta del cableado debe ser ordenada y no obstaculizar la apertura de puertas, cubiertas, revisión de equipos, acceso a terminales, aparatos e instrumentos y el alambrado de campo.
- El alambrado debe agruparse en paquetes y asegurarse con lazos no inflamables y no metálicos.
- El alambrado debe ser instalado, conectado etiquetado y probado por el fabricante antes del embarque.
- Todo el alambrado debe cumplir las pruebas indicadas en la norma NMX J-169-2004-ANCE. Los conductores y terminales que se utilicen en el alambrado deben cumplir con lo indicado a continuación:

**Conductores:**

- Debe utilizarse cable de cobre suave para 600 V y 378.15K (105°C) resistentes al líquido aislante.
- Los cables que pasen a puertas embisagradas deben ser del tipo extraflexible, adecuado para esta aplicación.
- La sección transversal de los conductores utilizados debe ser la adecuada para la carga del circuito pero en ningún caso menor que calibre 12 AWG.
- No debe efectuarse ningún empalme de cable en el gabinete de control o en las tuberías conduit.
- Cada cable debe ser identificado con su número en los extremos por medio de un sistema de identificación permanente.

**Terminales:**

- Las terminales de los conductores deben ser tipo zapata cerrada (ojo o anillo) y sujetarse a las tablillas terminales por medio de tornillos.
- No se aceptan zapatas abiertas, ni tipo espada, ni las que no correspondan a la sección transversal del conductor.
- No se permiten más de dos terminales de alambrado interno por tornillo.
- Las terminales deben ser agrupadas en secciones independientes correspondientes a circuitos de fuerza, control, medición y señalización.

- k. Detectores de Temperatura. El transformador debe equiparse con dos detectores de temperatura, uno para el líquido aislante y el otro para devanados. Deben ser del tipo RTD platino 100 Ohms, para ser usados con un instrumento registrador en un tablero remoto. Los elementos deben montarse en termopozos apropiados al tipo utilizado.
- l. Placa de Datos. El transformador debe tener una ó más placas de datos de acero inoxidable que cumplan como mínimo lo indicado en la norma NMX-J-284-1998-ANCE, La fijación de la placa de datos al porta placas debe hacerse mediante remaches o puntos de soldadura. No se aceptan placas atornilladas.

Todos los datos deben estar en idioma español y unidades de medida de acuerdo a NOM-008-SCFI-2000.

En el caso en que se suministren transformadores de corriente, se debe proporcionar una placa de datos adicional con las características como: relación, número de devanados, conexiones, clase de precisión, diagrama, polaridad. Debe ser una placa exclusiva para esta información.

Para el cambiador de derivaciones bajo carga se debe tener también una placa de datos exclusiva para la información de este equipo.

Complementariamente la placa de datos del transformador debe contar como con la información siguiente:



- 1) Nombre del fabricante.
- 2) Medio y clase de enfriamiento.
- 3) Número de fases y frecuencia.
- 4) Número de serie.
- 5) Número del instructivo y del reporte de pruebas finales.
- 6) Tipo de construcción del núcleo.
- 7) Tensiones en Volts y tipo de conexión de los devanados.
- 8) Capacidades del transformador en KVA por pasos de enfriamiento, elevación de temperatura, impedancia y pérdidas en cobre, hierro y totales, corriente de excitación.
- 9) Nivel básico de impulso para cada tensión.
- 10) Año de fabricación.
- 11) Número de pedido de PEMEX.
- 12) Número de partida.
- 13) Elevación de temperatura a plena carga continua a la altura especificada.
- 14) Diagrama vectorial de conexiones.
- 15) Diagrama esquemático de conexiones que debe mostrar:
  - Designación de terminales de alta y baja tensión.
  - Cantidad y designación de derivaciones de regulación.
  - Conexión de los devanados.
  - Cantidad, tipo, características de transformadores de corriente.
- 16) Datos de conexiones, tensión, corriente.
- 17) Valor de la impedancia medida en la posición extrema de las derivaciones.
- 18) Masa (kg):
  - Masa total del ensamble núcleo bobinas.
  - Masa del tanque + accesorios.
  - Masa del aceite.
  - Masa total.
- 19) Contenido de líquido aislante en litros a 298.15K (25°C). (con error máximo del 5% de la cantidad mínima) para:
  - Tanque principal.
  - Tanque conservador.
  - Cambiador de derivaciones bajo carga.
  - Total.
- 20) Humedad residual (por ciento) y la fecha de embarque.
- 21) Debe indicarse la presión de diseño del tanque tanto positiva como negativa.
- 22) Debe indicarse la resistencia de aislamiento de acuerdo a:  
@ \_\_\_\_\_ °C \_\_\_\_\_ kV \_\_\_\_\_  
A.T. contra B.T. y tierra: \_\_\_\_\_  
B.T. contra A.T. y tierra: \_\_\_\_\_  
A.T. contra B.T.: \_\_\_\_\_
- 23) Factor de potencia de aislamiento de acuerdo a:  
@ \_\_\_\_\_ K (°C) \_\_\_\_\_ KV \_\_\_\_\_ Hertz  
A.T. contra B.T. y tierra = \_\_\_\_\_ % Capacitancia \_\_\_\_\_ pF  
B.T. contra A.T. y tierra = \_\_\_\_\_ % Capacitancia \_\_\_\_\_ pF  
A.T. contra B.T. = \_\_\_\_\_ % Capacitancia \_\_\_\_\_ pF

 <b>PEMEX</b> <b>Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios</b>	<b>TRANSFORMADORES DE POTENCIA</b>	<b>NRF-144-PEMEX-2005</b>
		<b>Rev.: 0</b>
		<b>PÁGINA 27 DE 40</b>

## 8.5 Pruebas.

Se deben efectuar las siguientes pruebas al transformador, las cuales deberán estar contempladas dentro del alcance del suministro e incluidas en el precio del equipo, conforme a las normas NMX-J-123-ANCE-2001, NMX-J-169-2004-ANCE.

- a) Pruebas a componentes del transformador.
- b) Pruebas ambientales a los materiales.
- c) Pruebas de prototipo.
- d) Pruebas de rutina.
- e) Pruebas opcionales.
- f) Pruebas de Campo.

**8.5.1. Pruebas a componentes del transformador.** El fabricante del transformador es responsable de llevar a cabo la evaluación y seguimiento del sistema de calidad de sus proveedores, así mismo es responsable de la calidad y de las consecuencias derivadas de los defectos que pudieran presentarse en cualquiera de los componentes suministrados por terceros.

PEMEX exige para todos los componentes, la evidencia de que se hayan realizado pruebas prototipo, así como las pruebas necesarias que garanticen la calidad y fiabilidad de estos.

El reporte de las pruebas de rutina de cada parte debe anexarse al reporte de pruebas del transformador, debe tener claramente referenciado el número de parte del fabricante del transformador y el número de serie designado por el subproveedor.

**8.5.2. Pruebas ambientales a los materiales.** El fabricante del transformador es responsable de efectuar las pruebas necesarias a todos los materiales expuestos al medio ambiente como pueden ser la pintura y acabados, y contar con evidencia de los resultados de estas pruebas.

**8.5.3. Pruebas de prototipo.** Al menos se deben presentar las siguientes pruebas.

- a) Tensión de impulso por descarga atmosférica (rayo).
- b) Elevación de temperatura en los devanados.
- c) Prueba de corto circuito (se acepta el criterio de similitud IEC).
- d) Nivel de ruido audible.

**8.5.4. Pruebas de rutina.** Todas las pruebas que se enlistan a continuación son de rutina y se deben efectuar al transformador totalmente terminado.

- a. Características físicas del transformador totalmente ensamblado.
- b. Resistencia del aislamiento de los devanados.
- c. Rigidez dieléctrica del líquido aislante.
- d. Relación de transformación entre todos los devanados y todas las posiciones.
- e. Resistencia óhmica en cada uno de los devanados.
- f. Polaridad, secuencia de fases y desplazamiento angular.
- g. Pérdidas en vacío al 90, 100 y 110% de la tensión nominal.
- h. Corriente de excitación a 90, 100 y 110% de la tensión nominal.
- i. Impedancia a corriente nominal y referida al último paso del enfriamiento. El valor de impedancia requerido es en posición mínima, nominal y máxima.
- j. Pérdidas debidas a la carga. Nominal y máxima
- k. Potencial aplicado a 60 Hertz.
- l. Potencial inducido.
- m. Hermeticidad.
- n. Prueba a circuitos de fuerza, control y medición (verificación del alambrado y funcionamiento).

 <p><b>Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios</b></p>	<p><b>TRANSFORMADORES-DE POTENCIA</b></p>	<p><b>NRF-144-PEMEX-2005</b>  <b>Rev.: 0</b>  <b>PÁGINA 28 DE 40</b></p>
--	---	--

- o. Cromatografía de gases, antes y después de pruebas dieléctricas y de temperatura. para transformadores igual o mayor a 50 MVA de acuerdo a norma NMX-J-169-2004-ANCE.
- p. Factor de potencia de los aislamientos de los devanados (aplicando el método II de la norma ANSI/IEEE-C57.12.90 o equivalente).
- q. Resistencia del aislamiento del núcleo a tierra.
- r. Porcentaje de humedad residual (antes del embarque debe ser menor de 0.3%).
- s. Medición de descargas parciales. Para transformadores clase II ANSI- IEE C.57.12.90 ó equivalente
- t. Tensión aplicada contra el núcleo, 2 kV, 60 Hertz, 1 minuto.

**8.5.5. Pruebas opcionales.** Se requieren efectuar en fábrica las siguientes pruebas, las cuales están clasificadas como opcionales en la norma NMX-J-284-1998-ANCE. Se deben efectuar en uno de los transformadores de la misma capacidad y características.

- a) Pérdidas, corriente de excitación e impedancia a tensión, carga o frecuencia distinta a las nominales.
- b) Prueba hidrostática.
- c) Presión negativa (vacío).
- d) Verificación de la operación correcta del relevador Buchholz (cuando aplique).
- e) Verificación de la operación correcta de la válvula de sobrepresión.
- f) Prueba de elevación de temperatura promedio de los devanados a capacidades distintas de las nominales.
- g) Medición de la impedancia en función de la frecuencia.

**8.5.6. Pruebas de campo.** Son las pruebas que se deben realizar al recibir el transformador en campo, específicamente:

- a. Resistencia de aislamiento de los devanados.
- b. Relación de transformación.
- c. Factor de potencia de los aislamiento
- d. Rigidez dieléctrica del líquido aislante.

## **8.6 Supervisión de la fabricación.**

Para todos los transformadores se requiere que al inicio de la fabricación el Contratista proporcione a PEMEX, una lista y el programa de todas las verificaciones que el fabricante realiza en cada etapa de manufactura, incluyendo en esta lista las pruebas finales. Esta lista debe ser revisada y aprobada entre el Contratista y PEMEX.

**8.6.1. Verificaciones durante la fabricación.** Las actividades siguientes deben ser supervisadas por personal de PEMEX y/o contratista.

- a. Terminación del núcleo.
- b. Terminación de devanados.
- c. Ensamble de la parte activa (núcleo, devanados y guías de conexión).
- d. Inicio y fin del proceso de impregnación y secado.
- e. Verificación de la prueba de sobrepresión y vacío del tanque (no fugas, no deformación permanente).
- f. Ensamble de la parte activa dentro del tanque y ensamble del sistema de enfriamiento.
- g. Pruebas finales.
- h. Inspección después de pruebas finales.
- i. Inspección antes del embarque.

Debe generarse un reporte de inspección de estas actividades, que incluya listas de comprobación debidamente firmadas por el responsable de la inspección e incluirse en el reporte de pruebas del transformador.

 <b>PEMEX</b> Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	<b>TRANSFORMADORES DE POTENCIA</b>	NRF-144-PEMEX-2005
		Rev.: 0
		PÁGINA 29 DE 40

## 8.7 Criterio y tolerancia para la aceptación o rechazo.

- 8.7.1. Criterio para la aceptación.** Se aceptan todos los transformadores que cumplan con esta Norma de Referencia, y que hayan pasado satisfactoriamente todas las pruebas indicadas, así como cualquier otra prueba que expresamente se haya convenido o contratado por PEMEX con el Contratista, y cuando los valores de garantía que se determinen en las pruebas estén dentro de lo establecido en esta Norma de Referencia.
- 8.7.2. Criterio y tolerancia para aceptación.** El transformador que cumpla con la presente Norma de Referencia, que pase satisfactoriamente todas las pruebas indicadas en esta Norma de Referencia y cualquier otra prueba que expresamente se haya convenido o contratado por PEMEX, pero que hayan excedido alguno de los valores de garantía y estén dentro de las tolerancias que se indican en la especificación GNT-SSNP-E-029 "Evaluación y penalización de valores de garantía en transformadores de distribución y potencia", podrán ser aceptado conforme a la especificación.
- 8.7.3. Criterio de rechazo.** El no cumplimiento con cualquiera de los valores de garantía requeridos en las bases de licitación, así como el obtener valores mayores a la tolerancia indicada para aceptar conforme a la especificación GNT-SSNP-E-029, el valor de pérdidas ofertado es motivo de rechazo.

La corriente de excitación debe estar dentro del valor de garantía y además las diferencias de corriente de excitación entre transformadores similares de un mismo lote de fabricación deben estar dentro de un límite del 40%.

El incumplimiento del valor de garantía y diferencias mayores al 40% hacia arriba, implican rechazo del transformador, hasta en tanto no se investigue las causas y consecuencias de esas desviaciones. El usuario podrá aceptar el transformador a su juicio, dependiendo del resultado de la investigación, esta aceptación estará conforme a la especificación GNT-SSNP-E-029.

El exceso de pérdidas en vacío del valor garantizado y el exceso del límite de corriente de excitación simultáneo implican el rechazo automático del transformador, bajo esta condición no se aplica la especificación GNT-SSNP-E-029 y el transformador solo podrá ser aceptado hasta que sus valores estén dentro de los límites establecidos en las bases de licitación.

## 8.8 Empaque y embarque.

El transformador debe ser empacado y embarcado conforme a lo siguiente:

- Los transformadores deben embarcarse (en caso que se requiera) sin liquido aislante con un porcentaje de humedad residual menor o igual 0.3%, deben llenarse con nitrógeno UAP (ultra alta pureza) y sellándolos en fábrica, de modo de prevenir la entrada de humedad; debe incluirse un equipo de nitrógeno incluyendo tanque, válvulas y demás accesorios para mantener una presión constante del nitrógeno en el interior del tanque durante el transporte. Una vez llenos con el nitrógeno seco, se debe comprobar que el tanque del transformador no tiene fugas, de tal modo que lleguen al sitio con presión positiva.

Mientras estén en tránsito los transformadores no deben tener en ningún momento presión negativa.

- Todos los accesorios como boquillas de pequeña longitud, indicadores, instrumentos, caja de conexiones que se embarquen montados o ensamblados al tanque del transformador deben estar protegidos contra golpes con cajas de madera.

 <b>PEMEX</b> <b>Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios</b>	<b>TRANSFORMADORES DE POTENCIA</b>	<b>NRF-144-PEMEX-2005</b>
		<b>Rev.: 0</b>
		<b>PÁGINA 30 DE 40</b>

- c. No se aceptan accesorios embarcados por separado y que posteriormente tengan que ser soldados en el campo, a menos que exista un acuerdo previo por escrito entre el usuario final y el fabricante.
- d. En el caso de que se requieran esfuerzos o elementos de sujeción internos durante el embarque y transporte se debe indicar claramente en estas piezas, así como en los instructivos y dibujos la leyenda "RETIRARSE DURANTE EL MONTAJE".
- e. Las boquillas de porcelana largas, enfriadores, tanque conservador, motobombas y otros accesorios deben embarcarse por separado cumpliendo con lo siguiente:
- Las boquillas deben empacarse en cajas de madera a prueba de impactos con varios soportes a lo largo de la boquilla. Este empaque debe estar diseñado de tal forma que la boquilla tenga una inclinación no menor de 288.15K (15°) con la terminal externa hacia arriba; deben indicarse en el empaque las instrucciones necesarias para que se conserve esta inclinación de las boquillas.
  - Los enfriadores, motobombas, tuberías, entre otros, deben sellarse con bridas ciegas o con cualquier medio que impida la entrada de humedad. Las bridas ciegas o los dispositivos de sello empleados no deben soldarse a los enfriadores. Adicionalmente deben protegerse con madera para evitar daños entre sí y por impactos. Así mismo deben limpiarse y lavarse con líquido aislante antes de sellarse.
- f. Se deben instalar tres (3) registradores de impacto por aparato. Uno para cada eje con límite de  $\pm 10g$ , o bien, pueden usarse un registrador de 3 ejes.

Los registradores le serán devueltos al proveedor después de que el contratista haya analizado estos registros e inspeccionado los transformadores.

- g. En el tanque principal del transformador debe pintarse con letra visible lo siguiente:
- Capacidad del transformador en kVA.
  - Número de clave (tag).
  - Centro de gravedad.
- h. El gabinete de control del cambiador de derivaciones bajo carga de cada equipo debe incluir un ejemplar completo del instructivo de almacenamiento, montaje, instalación, pruebas y operación del transformador, así como de todos sus accesorios, el cual debe contener como complemento: los protocolos de prueba firmados por el inspector, registros, diagramas completos y planos internos tanto del transformador como de cada uno de los accesorios.
- i. Antes de que el equipo sea embarcado, deben protegerse todas las superficies maquinadas expuestas, con un barniz o compuesto apropiado fácilmente removible o bien con una capa de grasa en las partes que no admitan lo anterior.
- j. Todas las partes de repuesto deben enviarse en cajas, debidamente marcadas y protegidas para evitar deterioro de las partes durante su almacenamiento.
- k. Dentro del gabinete de control, debe incluirse una lista de embarque, donde se pueda identificar el número de serie del transformador con su lista de equipo auxiliar.

## **8.9 Partes de repuesto y herramientas especiales.**

- 8.9.1.** Partes de repuesto recomendadas por el proveedor. En caso de requerirse partes de repuesto, para operar y mantener el transformador, éstas deben estar incluidas en el alcance de suministro. La adquisición de las partes de repuesto es opcional para PEMEX. El fabricante debe garantizar que está

 <b>PEMEX</b> <b>Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios</b>	<b>TRANSFORMADORES DE POTENCIA</b>	<b>NRF-144-PEMEX-2005</b>
		Rev.: 0
		<b>PÁGINA 31 DE 40</b>

capacitado para suministrar, si se requiere, reparación y/o reemplazo de partes por un periodo de al menos diez años.

Todas las piezas que sean dañadas durante el transporte, instalación pruebas y puesta en operación por el contratista ó fabricante deben ser repuestas sin costo alguno para PEMEX dentro del tiempo de programa de ejecución del proyecto.

**8.9.2.** Herramientas especiales. En caso de requerirse herramientas especiales, para operar y mantener el transformador, éstas deben estar incluidas en el alcance de suministro.

## **8.10 Información técnica.**

**8.10.1.** Información requerida una vez firmado el contrato.

El fabricante debe proporcionar la información requerida siguiente:

- a) Dibujo de dimensiones generales incluyendo las dimensiones y masas definitivas, localización de equipos auxiliares, componentes, accesorios y tuberías.
- b) Dibujos generales del "arregló" interno (Con las vistas que sean necesarias para transformadores de 115 kV y mayores).
- c) Detalles de la base, localización y detalle.
- d) Dibujos de boquillas y conectores con sus detalles y características.
- e) Detalles de dispositivos de maniobra (orejas, soportes para gatos, entre otros).
- f) Dibujos de la placa de datos con la información antes de pruebas finales.
- g) Diagramas elementales de control (esquemáticos).
- h) Diagramas de alambrado, incluyendo la numeración de tablillas terminales de todos los equipos.
- i) Reporte de pruebas (debe embarcarse una copia adicional en el propio transformador).
- j) Manuales de recepción, montaje, instalación, puesta en servicio, operación y mantenimiento.
- k) Plan de calidad (antes del inicio de la fabricación), incluyendo programa de fabricación.

La entrega de información debe estar de acuerdo al programa general de fabricación y entrega del equipo, y con el programa de ejecución del proyecto, con objeto de no provocar retrasos.

**8.10.2.** Información requerida con la entrega del equipo. El proveedor o fabricante debe enviar a PEMEX y/o contratista (este último lo define PEMEX) para cada uno de los transformadores motivo del pedido la siguiente documentación:

- a) Cuatro (4) ejemplares de instructivos de montaje, pruebas, operación y mantenimiento del transformador en forma de libro, incluyendo los instructivos de todos los equipos e instrumentos contenidos en cada transformador. Debe cubrir el montaje, funcionamiento y mantenimiento de los equipos. Debe incluir todos los planos aprobados y reporte de pruebas (esta cantidad puede variar a requerimiento de PEMEX).
- b) Los planos aprobados del transformador deben ser entregados en archivo electrónico (CD-R) y utilizando software microstation, autocad o formato \*.DXF.

Cualquier trabajo o material ejecutado por el fabricante antes de recibir los planos aprobados por el contratista, es responsabilidad del mismo fabricante.

La revisión de los planos por el contratista y PEMEX no releva al fabricante de su responsabilidad de que el equipo cumpla con las especificaciones, así como con las garantías establecidas.

 <b>PEMEX</b> <b>Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios</b>	<b>TRANSFORMADORES DE POTENCIA</b>	<b>NRF-144-PEMEX-2005</b>
		<b>Rev.: 0</b> <b>PÁGINA 32 DE 40</b>

### 8.11 Supervisión de montaje y puesta en servicio.

La oferta del fabricante debe considerar, los costos por los siguientes conceptos:

- a. Costo de la supervisión durante el montaje y puesta en servicio.
- b. Costo del montaje.
- c. Costo de la puesta en servicio.

El contratista debe incluir la supervisión por parte del fabricante del montaje y puesta en servicio del transformador, y decidir la contratación al fabricante para realizar el montaje y puesta en servicio.

### 8.12 Capacitación.

El proveedor debe impartir un curso de capacitación para 15 personas de PEMEX (esta cantidad puede variar a solicitud de PEMEX), por un periodo de 5 días y en el lugar de instalación del equipo. El costo de este curso, incluyendo el material técnico y didáctico, debe de estar contemplado dentro de la oferta comercial. El curso debe cubrir los siguientes aspectos:

- a. Operación.
- b. Mantenimiento preventivo y correctivo.

### 8.13 Cuestionario.

Se debe contestar completamente el cuestionario técnico y hacer una descripción de la forma de operación de los sistemas que lo componen, como pueden ser los sistemas de enfriamiento y cambiador de derivaciones bajo carga. Los datos e información técnica que suministre el contratista ó fabricante, serán utilizados en el procedimiento de evaluación técnica.

Para propósitos de evaluación, se deben indicar los valores específicos ó parámetros solicitados, no se aceptan respuestas como "SI" o "CUMPLE".

Se debe suministrar la información requerida en la propuesta técnica descrita y al menos un juego de catálogos originales de fabricante.

Se debe llenar un cuestionario por cada equipo diferente, de acuerdo al punto 12 de esta norma.

Cuando no se requiera llenar una parte del cuestionario debe marcarse con una línea discontinua.

El contratista debe suministrar una lista de transformadores que haya instalado de características similares en potencia y voltaje similares a los requeridos en esta norma de referencia, incluyendo una lista de transformadores de características similares en potencia y voltaje a los requeridos en esta norma de referencia que el fabricante del transformador haya construido.

## 9 RESPONSABILIDADES.

Es responsabilidad del contratista y/o fabricante, que el transformador que cotice y suministre cumpla con todos los requisitos de esta norma de referencia.

El fabricante debe tener preferentemente certificado de calidad ISO.

 <b>PEMEX</b> <b>Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios</b>	<b>TRANSFORMADORES DE POTENCIA</b>	<b>NRF-144-PEMEX-2005</b> Rev.: 0 <b>PÁGINA 33 DE 40</b>
---	------------------------------------	--

**9.1 Licitantes, proveedores y prestadores de servicios.**

- 9.1.1. Cumplir con los requerimientos especificados en esta norma.
- 9.1.2. Los certificados que proporcionen en cumplimiento a esta norma o a los requerimientos del contrato deben cumplir con la Ley Federal sobre Metrología y Normalización.
- 9.1.3. Responder plenamente ante la ocurrencia de fallas en la operación de los transformadores de potencia que se originen por no aplicar lo indicado en esta norma.
- 9.1.4. Considerar dentro del personal especialista, a un responsable o gerente técnico con experiencia previa en trabajos similares, que se comprometa a mantener durante el desarrollo de los trabajos y hasta su entrega final, la aplicación de esta norma, con la finalidad de garantizar la correcta ejecución de los mismos.
- 9.1.5. Llevar al campo herramientas suficientes y equipo de montaje para el desarrollo de los trabajos.
- 9.1.6. Presentar para aprobación y conocimiento de Petróleos Mexicanos los procedimientos de empaque, identificación, embalaje, transportación, aseguramiento, manejo, almacenaje y montaje, de los transformadores de potencia.
- 9.1.7. En el caso de materiales que impliquen riesgo, debe informar a Petróleos Mexicanos las mínimas condiciones de protección y almacenaje, a fin de prevenir situaciones emergentes.
- 9.1.8. Proporcionar oportunamente a Petróleos Mexicanos una lista completa de materiales, unitarios y totales, con su peso, dimensiones y volumen para prevenir espacios de almacenamiento.
- 9.1.9. Contar en el lugar de trabajo con dibujos aprobados para construcción, especificaciones y normas para su uso en la ejecución de la obra. En caso de necesitarse soportes adicionales que no hayan sido especificados o que no se muestren en los dibujos para construcción, éstos serán diseñados y suministrados por el contratista para el montaje de los transformadores de potencia.
- 9.1.10. Presentar sus procedimientos y programas de seguridad del personal, disponibilidad y mantenimiento de equipo auxiliar; debiendo observar las normas de seguridad de Petróleos Mexicanos.
- 9.1.11. La obra no podrá darse por concluida hasta dejar el área en las condiciones que establezca Petróleos Mexicanos. Disponer de los desperdicios conforme a la LGEEPA.
- 9.1.12. Proporcionar información que certifique el cumplimiento de la LGEEPA y sus reglamentos aplicables en los materiales que emplea, el tipo de actividad que se realiza y los residuos que se generan.
- 9.1.13. Informar a Petróleos Mexicanos sobre la vida máxima de anaquel de los materiales degradable con sus correspondientes requisitos de almacenamiento. Deben identificarse las fechas de curado de los materiales y no haberse consumido, al momento de la entrega más del 20% de sus vidas totales de anaquel.
- 9.1.14. Estar bien familiarizado con el tipo y alcance de la obra a realizarse.
- 9.1.15. Contar con personal especialista y capacitado para la realización del montaje; y del mismo modo, para la supervisión, control y administración de la obra. El responsable de la obra debe ser capaz de realizar el trabajo en coordinación con la supervisión de PEMEX y con otros contratistas que simultáneamente puedan estar trabajando en el proyecto.

 <b>PEMEX</b> <b>Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios</b>	<b>TRANSFORMADORES DE POTENCIA</b>	NRF-144-PEMEX-2005
		Rev.: 0
		PÁGINA 34 DE 40

- 9. 1.16. Poseer los últimos dibujos aprobados para construcción, especificaciones y normas que apliquen, en la ejecución de la obra.
- 9. 1.17. Desarrollar y poner en práctica procedimientos y programas de seguridad del personal, además de disponibilidad y mantenimiento de equipo auxiliar.
- 9. 1.18. Remover todo tipo basura y materiales sobrantes del trabajo de montaje. La obra no debe darse por concluida hasta no haber dejado el área en buen estado de limpieza, y disponer de estos desperdicios sin afectar ambiente y equilibrio ecológico.

**9.2 Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios.**

- 9.2.1. Aplicar los requisitos de esta norma, en las actividades que se realicen en la adquisición de transformadores de potencia en líquido aislante para instalaciones industriales.
- 9.2.2. Establecer comunicación con las áreas usuarias de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios, así como con contratistas y proveedores, para mantener actualizado el contenido y requerimientos de la presente norma.
- 9.2.3. La verificación del cumplimiento de esta norma será realizada por el área usuaria, verificando y atestiguando los trabajos realizados.
- 9.2.4. Verificar el cumplimiento de esta norma, en la contratación de servicios que tengan por objeto adquirir a los transformadores de potencia.
- 9.2.5. Los encargados de realizar la adquisición, deben indicar en las bases de licitación, el tipo de transformador de potencia requerido de acuerdo a sus necesidades.
- 9.2.6. Verificar que los licitantes cuenten con personal técnico especializado y con experiencia en el manejo e interpretación de esta norma.

**10 CONCORDANCIA CON NORMAS MEXICANAS Ó INTERNACIONALES.**

Esta norma concuerda parcialmente con la NMX-J-284-1998-ANCE transformadores de potencia.

**11 BIBLIOGRAFÍA.**

NOM-001-SEDE-1999	Instalaciones Eléctricas (Utilización).
NMX-J-271-1-2000.	Técnicas de Prueba en Alta Tensión. Parte 1 Definiciones Generales y Métodos de Prueba.
NMX-J-271/2-ANCE-2002.	Técnicas de Prueba en Alta Tensión Parte 2: Sistemas de Medición.

 <b>PEMEX</b> <b>Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios</b>	<b>TRANSFORMADORES DE POTENCIA</b>	NRF-144-PEMEX-2005
		Rev.: 0
		PÁGINA 35 DE 40

ANSI/IEEE C57.12.00 (2000)	General Requirements for Liquid Immersed Distribution, Power and Regulating Transformers.
ANSI/IEEE C57.12.10 (1988)	Transformers 230000 Volts and Below, 833/958 Through 8333/10417 KVA, Single Phase, and 750/862 Through 60000/80000/100000 KVA Three-Phase.
ANSI/IEEE C57.12.90 (1999)	Standard Test Code for Liquid/Immersed Distribution, Power, and Regulating Transformers(ANSI/IEEE).
ANSI/IEEE C57.113 (1991)	Guide for Partial Discharge Measurement in Liquid/Filled Power Transformers and Shunt Reactors.
ANSI/IEEE C57.116 (1989)	Guide for transformers Directly Connected to Generators.
ANSI/IEEE C57.19.00 (1997)	General Requirements and Test Procedure for Outdoor Power Apparatus Bushings.
ANSI/IEEE C57.19.01 (2000)	Standard Performance Characteristics and Dimensions for Outdoor Apparatus Bushing.
ANSI/IEEE/ C57.19.100 (1995)	Guide for Application of Power Apparatus Bushings.
2.251.01-1991	Especificación de PEMEX. Transformadores de distribución y Potencia.
2.251.02-1987	Especificación de PEMEX. Evaluación de características y valores de Garantía de Transformadores de distribución y Potencia.
IEC 60214-1989	On/Load Tap/Changers Third Edition.
IEC 60137-1995	Insulated Bushings for Alternating Voltages Above 1000 V Fourth Edition; Corrigendum/03/1996.
ANSI/IEEE C57.13 1993	Requirements for Instrument Transformers.
GNT-SSNP-E029	Evaluación de penalización de valores de garantía en transformadores de distribución y potencia
ANSI/IEEE C.37.20.2-1999	Standard for Metal/Clad Switchgear.
ASTM # D 1654	Standard Test Method for Evaluation of Painted or Coated Specimens Subjected to Corrosive Environments R(2000).
ASTM # B 117	Standard Practice for Operating Salt Spray (Fog) Apparatus.
ASTM-304	Standard Specification for Carbon and Alloy Steel Bars Subject to End-Quench Hardenability Requirements.
ASME	Boiler and Pressure Vessel Comité Subcomité on Pressure Vessels, Sección VIII División 1, July 1, 2002.

 <b>PEMEX</b> <b>Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios</b>	<b>TRANSFORMADORES DE POTENCIA</b>	<b>NRF-144-PEMEX-2005</b>
		Rev.: 0
		PÁGINA 36 DE 40

**12 ANEXOS.**

**12.1. Presentación de documentos normativos equivalentes.**

Sí el Proveedor o Contratista considera que un artículo técnico es equivalente al documento normativo citado como Norma, Código, Especificación o Estándar e indicado en esta norma de referencia, puede solicitar por escrito a Pemex la revisión, para que en su caso otorgue autorización, del documento presuntamente equivalente, anexando los antecedentes y argumentación en forma comparativa, concepto por concepto, demostrando que como mínimo se cumplen los requisitos de la Norma, Código, Especificación o Estándar en cuestión. Pemex dará respuesta por escrito a dicha solicitud, indicando si es o no autorizado para utilizarse como documento normativo equivalente.

Los documentos señalados en el párrafo anterior si no son de origen mexicano, deberán estar legalizados ante Cónsul Mexicano o cuando resulte aplicable, apostillados de conformidad con el "Decreto de promulgación de la Convención por la que se Suprime el Requisito de Legalización de los Documentos Públicos Extranjeros" publicado en el Diario Oficial de la Federación del 14 de agosto de 1995. Los documentos que se presenten en un idioma distinto al Español deberán acompañarse con su traducción a dicho idioma Español, hecha por un perito traductor.

En caso que Pemex no autorice el uso del documento normativo equivalente propuesto, el Proveedor o Contratista está obligado a cumplir con la normatividad establecida en esta Norma de Referencia.

**12.2 Cuestionario técnico del transformador.**

**Anexo 1- Datos Generales.**

<b>REQUERIDO</b>	<b>COTIZADO (Describir)</b>
<b>Datos Generales.</b>	
Número de Proyecto:	
Nombre del Proyecto:	
Lugar de la instalación:	
Planta:	
Tipo de equipo:(Transformador o Autotransformador)	
Cantidad: (Cifra y letra)	
Marca:	
Clave del equipo:	
Descripción del equipo:	
<b>Condiciones Ambientales:</b>	
Operación satisfactoria en las condiciones ambientales, de la _____ Siguientes:	
Clima tropical húmedo, ambiente marino con depósitos de sal, humos que atacan al cobre (amonio, sulfuro), ambiente corrosivo por SOx, NOx y H <sub>2</sub> S.  Bulbo seco /Húmedo Temp. Máxima      °C / °C Temp. Mínima.    °C / °C Humedad relativa. Verano ___ a ___%.	



Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios

TRANSFORMADORES DE POTENCIA

NRF-144-PEMEX-2005

Rev.: 0

PÁGINA 37 DE 40

Anexo 1- Datos Generales (continuación)

REQUERIDO	COTIZADO (Describir)
Invierno ___ a ___ % Altitud de operación. ___ MSNM.	
<b>Características Técnicas del Transformador:</b>	
Cantidad: (Cifra y letra)	
Clave:	
Capacidad : MVA Base: MVA por Elev. Temp. MVA Aire Forzado. MVA por Elev. Temp con aire forzado.	
Tipo de Servicio.	
Elevación de Temperatura: K (°C) Base K (°C) Máxima (Sobre Temp. Promedio de 30 °C y máxima de 40 °C)	
Clase de Enfriamiento:	
Tipo de liquido Aislante:	
Número de Fases:	
Número de Devanados:	
Frecuencia: Hertz.	
Altitud de Operación: (Diseño para altitud de 1 000 MSNM)	
Relación de Transformación: En alta Tensión: kV. En Baja Tensión: kV. (Tolerancia en la relación)	
Tipo de Conexión: En Alta Tensión: En Baja Tensión: Neutro:	
Desplazamiento Angular:	
Designación de Terminales: Alta tensión: H Baja Tensión X Neutro en A.T. H0 Neutrô en B:T: X0	
Secuencia de fases:	
Impedancia: Garantizada por ciento, Referida a capacidad base, alta a baja tensión. (Tolerancia en la impedancia).	
Cambiador de Derivaciones: operación con Carga.	
Nivel de ruido: Decibeles para la Capacidad y NBAI	
Tensión alimentación Equipo Auxiliar: Fuerza: Control y Alumbrado	

 <b>Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios</b>	<b>TRANSFORMADORES DE POTENCIA</b>	NRF-144-PEMEX-2005
		Rev.: 0
		PÁGINA 38 DE 40

**Anexo 1- Datos Generales (continuación)**

REQUERIDO	COTIZADO (Describir)
Boquillas Terminales: En Alta tensión: Ubicación y características. En Baja tensión: Ubicación y características. (Incluye Conectores: Describir forma de conexión a subestación encapsulada y cable aislado).	
Transformadores de Corriente tipo Boquilla: Cantidad: Relación: Clase de precisión: Ubicación:	

**ANEXO 2 - Valores de prueba dieléctrica y niveles de aislamiento.**

Tensión nominal del sistema (kV)	Tensión Máxima Del Sistema (kV)	Nivel básico al impulso (kV) NBAI	En baja frecuencia (kV) rmc	Onda completa (kV) cresta	Onda cortada		Tensión Inducida fase a tierra	
					(kV) cresta	Tiempo mínimo de flameo	Una hora (kV) rmc	Realce (kV) rmc

**ANEXO 3 - Nivel de aislamiento mínimo en el neutro.**

Tensión nominal del Sistema kV (rmc)	Nivel de aislamiento mínimo a baja frecuencia kV (rmc)	
	Puesto a tierra solidamente ó a través de una impedancia	Puesto a tierra a través de un dispositivo para fallas a tierra ó aislado pero protegido contra impulso

**ANEXO 4 - Condiciones de operación.**

REQUERIDO	COTIZADO (Describir)
<b>Condiciones de operación.</b>	
Operación continúa a tensiones arriba de las nominales:	
Operación bajo condiciones de sobrecarga:	
Requerimientos de operación bajo condiciones de corto circuito: Duración de la lcc: Magnitud de la lcc: Cantidad de CC. por año:	
Nivel mínimo de protección proporcionado por apartarrayos:	
Vida útil del transformador:	
Operación en paralelo:	

 <b>PEMEX</b> Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	<b>TRANSFORMADORES DE POTENCIA</b>	NRF-144-PEMEX-2005
		Rev.: 0
		PÁGINA 39 DE 40

**ANEXO 4 - Condiciones de operación (continuación)**

REQUERIDO	COTIZADO (Describir)
Transformador conectado a generador:	
Otras condiciones:	
<b>Características constructivas.</b>	
Núcleo:	
Devanados y aislamiento:	
Tanque de acero, cubiertas y bases:	
Empaques.	
Acabado: Interno. Externo.	
Gabinete de control:	
Líquido aislante:	
Sistema de enfriamiento: ONAN: ONAF:	
El proveedor debe indicar en su oferta el número de radiadores que tiene el transformador, la cantidad de ventiladores por paso e indicar la disminución de la capacidad al perder un ventilador y al perder un radiador.	
Sistema conservador de líquido aislante:	
Tanque de expansión:	
Preservación del líquido aislante:	
Cambiador de derivaciones bajo carga:	
Boquillas: Alta tensión: Baja tensión: Neutro:	
Garganta para cámara de conexiones:	
Transformadores de corriente:	
Accesorios: <ul style="list-style-type: none"> <li>● Dispositivo de alivio de presión.</li> <li>● Relevador de acumulación de gases (Relevador Buchholz).</li> <li>● Indicador de nivel de líquido aislante.</li> <li>● Termómetro indicador de temperatura líquido aislante.</li> <li>● Válvulas de drenaje, muestreo, filtro y vacío.</li> <li>● Aditamentos de maniobras.</li> <li>● Placas de conexión a tierra del tanque del transformador.</li> <li>● Indicador de temperatura de los devanados.</li> <li>● Tubería y sus accesorios.</li> <li>● Alambrado de fuerza y control.</li> <li>● Detectores de temperatura.</li> <li>● Placa de datos.</li> </ul>	

 <b>Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios</b>	<b>TRANSFORMADORES DE POTENCIA</b>	NRF-144-PEMEX-2005
		Rev.: 0
		PÁGINA 40 DE 40

**ANEXO 4 - Condiciones de operación (continuación).**

REQUERIDO	COTIZADO (Describir)
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pruebas de campo</li> <li>a. Resistencia de aislamiento de los devanados.</li> <li>b. Relación de transformación.</li> <li>c. Factor de potencia de los aislamientos.</li> <li>d. Rigidez dieléctrica del líquido aislante.</li> </ul>	
<p><b>Supervisión de la fabricación:</b></p> <p>Verificaciones durante la fabricación.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Terminación del núcleo.</li> <li>b. Terminación de devanados.</li> <li>c. Ensamble de la parte activa (núcleo, devanados y guías de conexión).</li> <li>d. Inicio y fin del proceso de impregnación y secado.</li> <li>e. Verificación de la prueba de sobrepresión y vacío del tanque (no fugas, no deformación permanente).</li> <li>f. Ensamble de la parte activa dentro del tanque y ensamble del sistema de enfriamiento.</li> <li>g. Pruebas.</li> <li>h. Inspección después de pruebas finales.</li> <li>i. Inspección antes del embarque.</li> </ul>	
<p><b>Evaluación de características y valores de garantía:</b></p> <p>Valores de garantía los siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Pérdidas en vacío a tensión y frecuencia nominales.</li> <li>b. Pérdidas con carga en cada capacidad y tensión nominales.</li> <li>c. Pérdidas de enfriamiento en cada paso de enfriamiento y tensión nominales.</li> <li>d. Corriente de excitación a tensión y frecuencia nominal.</li> <li>e. Impedancia en por ciento y referidas al último paso de enfriamiento en su respectiva capacidad nominal.</li> </ul>	
<p>Criterio y tolerancia para la aceptación ó rechazo:</p> <p>Aceptación de los criterios y tolerancias para la aceptación ó rechazo.</p>	
<p>Empaque y embarque:</p>	
<p>Partes de repuesto y herramientas especiales:</p>	
<p>Información técnica:</p>	
<p>Supervisión de montaje y puesta en servicio:</p>	
<p>Capacitación:</p>	