

Octubre 2013

### TÍTULO

**Aceites minerales aislantes en equipos eléctricos**

**Líneas directrices para su supervisión y mantenimiento**

*Mineral insulating oils in electrical equipment. Supervision and maintenance guidance.*

*Huiles minérales isolantes dans les matériels électriques. Lignes directrices pour la maintenance et la surveillance.*

### CORRESPONDENCIA

Esta norma es la versión oficial, en español, de la Norma Europea EN 60422:2013, que a su vez adopta la Norma Internacional IEC 60422:2013.

### OBSERVACIONES

Esta norma anulará y sustituirá a la Norma UNE-EN 60422:2007 antes de 2016-02-15.

### ANTECEDENTES

Esta norma ha sido elaborada por el comité técnico AEN/CTN 207 *Transporte y distribución de energía eléctrica* cuya Secretaría desempeña UNESA.

## EXTRACTO DEL DOCUMENTO UNE-EN 60422

## ÍNDICE

	Página
PRÓLOGO .....	8
INTRODUCCIÓN.....	10
1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN.....	12
2 NORMAS PARA CONSULTA.....	12
3 TÉRMINOS Y DEFINICIONES .....	13
4 PROPIEDADES Y DETERIORO / DEGRADACIÓN DEL ACEITE .....	14
5 ANÁLISIS DEL ACEITE Y SU SIGNIFICADO.....	15
5.1 Generalidades .....	15
5.2 Aspecto y color.....	16
5.3 Tensión de ruptura dieléctrica .....	16
5.4 Contenido en agua.....	16
5.4.1 Generalidades .....	16
5.4.2 Agua en aceite.....	17
5.4.3 Contenido en agua en el sistema papel/aceite .....	18
5.4.4 Interpretación de los resultados.....	19
5.5 Acidez .....	19
5.6 Factor de disipación dieléctrica (DDF) y resistividad .....	19
5.7 Contenido en inhibidor y estabilidad a la oxidación .....	22
5.7.1 Estabilidad a la oxidación.....	22
5.7.2 Supervisión de aceites no inhibidos.....	22
5.7.3 Supervisión de aceites inhibidos.....	22
5.8 Sedimentos y lodos .....	22
5.9 Tensión Interfacial (IFT).....	23
5.10 Recuento de partículas.....	23
5.11 Punto de inflamación.....	23
5.12 Compatibilidad de aceites aislantes .....	24
5.13 Punto de congelación.....	24
5.14 Densidad.....	24
5.15 Viscosidad .....	25
5.16 Policlorobifenilos (PCB).....	25
5.17 Azufre corrosivo .....	25
5.18 Dibencildisulfuro (DBDS).....	26
5.19 Pasivante .....	26
6 TOMA DE MUESTRAS DE ACEITE DEL EQUIPO .....	26
7 CATEGORÍAS DE EQUIPOS.....	27
8 EVALUACIÓN DE ACEITE MINERAL AISLANTE EN EQUIPOS NUEVOS .....	27
9 EVALUACIÓN DE ACEITE EN SERVICIO.....	28
9.1 Generalidades .....	28
9.2 Frecuencia de los análisis de aceites en servicio.....	29
9.3 Procedimientos de ensayo .....	30
9.3.1 Generalidades .....	30
9.3.2 Ensayos en campo.....	30
9.3.3 Ensayos en laboratorio.....	31
9.4 Clasificación del estado de aceites en servicio.....	31

9.5	Acciones correctivas.....	31
10	MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO.....	38
11	TRATAMIENTOS.....	39
11.1	PRECAUCIÓN.....	39
11.2	Reacondicionamiento.....	40
11.2.1	Generalidades.....	40
11.2.2	Equipos de reacondicionamiento.....	41
11.2.3	Aplicación a equipos eléctricos.....	42
11.3	Regeneración.....	42
11.3.1	Generalidades.....	42
11.3.2	Regeneración por percolación.....	43
11.3.3	Regeneración por contacto.....	43
11.3.4	Renovación de aditivos.....	44
11.4	Descontaminación de aceites que contienen PCB.....	44
11.4.1	Generalidades.....	44
11.4.2	Procesos de deshalogenación que utilizan derivados de sodio y litio.....	44
11.4.3	Procesos de deshalogenación que utilizan polietilenglicol e hidróxido potásico (KPEG).....	44
11.4.4	Deshalogenación en continuo mediante proceso en circuito cerrado.....	44
12	SUSTITUCIÓN DEL ACEITE EN EQUIPOS ELÉCTRICOS.....	45
12.1	Sustitución del aceite en transformadores de menos de 72,5 kV y en aparata de conexión y equipos asociados.....	45
12.2	Sustitución de aceite en transformadores de 72,5 kV y superior.....	45
12.3	Sustitución del aceite en equipos eléctricos contaminados por PCB.....	45
13	PASIVACIÓN.....	45
ANEXO A (Informativo) EVALUACIÓN DE AGUA EN ACEITE Y AISLAMIENTO.....		46
ANEXO B (Informativo) PARTÍCULAS.....		48
ANEXO C (Informativo) MÉTODO DE ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DE SEDIMENTOS Y LODOS.....		49
BIBLIOGRAFÍA.....		50
Figura 1 – Ejemplo de la variación en la saturación en el contenido en agua en función de la temperatura y acidez de aceites aislantes originalmente conformes a la Norma IEC 60296.....		18
Figura 2 – Ejemplo de la variación de la resistividad con la temperatura en aceites aislantes.....		21
Figura A.1 – Factores de corrección típicos.....		46
Tabla 1 – Análisis de aceites minerales aislantes.....		15
Tabla 2 – Categorías de equipos.....		27
Tabla 3 – Límites recomendados para aceites minerales aislantes después de llenar equipos eléctricos nuevos antes de su energización.....		28
Tabla 4 – Frecuencia recomendada de ensayos a.....		30
Tabla 5 – Aplicación e interpretación de los ensayos.....		32
Tabla 6 – Resumen de acciones típicas.....		38
Tabla 7 – Condiciones para procesar aceites minerales aislantes inhibidos.....		40
Tabla A.1 – Líneas directrices para la interpretación de los datos expresados en porcentaje de saturación.....		47

**Tabla B.1 – Niveles de contaminación típicos (partículas) encontrados en aceites aislantes de transformadores de potencia medidos según la Norma IEC 60970 a ..... 48**

## **1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN**

Esta norma internacional proporciona las líneas directrices para la supervisión y el mantenimiento de la calidad del aceite aislante en equipos eléctricos.

Esta norma se aplica a aceites minerales aislantes, suministrados inicialmente conforme a la Norma IEC 60296, en transformadores, interruptores y otros aparatos eléctricos donde la toma de muestras del aceite es razonablemente practicable y donde se dan las condiciones normales de operación descritas en las especificaciones del equipo.

Esta norma también está destinada a ayudar al operario de equipos eléctricos a evaluar el estado del aceite y a mantenerlo en buenas condiciones de servicio. También proporciona una base común para la preparación de códigos de conducta locales más específicos y completos.

Esta norma incluye recomendaciones acerca de los ensayos y procedimientos de evaluación y describe métodos para el reacondicionamiento y regeneración de aceites y la descontaminación de aceites contaminados con PCB.

NOTA La evaluación del estado del equipo eléctrico, por ejemplo mediante análisis de gases disueltos, compuestos furánicos u otros medios está fuera del objeto de esta norma.

## **2 NORMAS PARA CONSULTA**

Los documentos indicados a continuación, en su totalidad o en parte, son normas para consulta indispensables para la aplicación de este documento. Para las referencias con fecha, sólo se aplica la edición citada. Para las referencias sin fecha se aplica la última edición (incluyendo cualquier modificación de ésta).

IEC 60156 *Líquidos aislantes. Determinación de la tensión de ruptura dieléctrica a frecuencia industrial. Método de ensayo.*

IEC 60247 *Líquidos aislantes. Medida de la permitividad relativa, del factor de disipación eléctrica ( $\tan \delta$ ) y la resistividad en corriente continua.*

IEC 60296:2012 *Fluidos para aplicaciones electrotécnicas. Aceites minerales aislantes nuevos para transformadores y aparata de conexión.*

IEC 60475 *Método de toma de muestras de dieléctricos líquidos.*

IEC 60666:2010 *Detección y determinación de aditivos antioxidantes específicos en aceites aislantes.*

IEC 60814 *Líquidos aislantes. Papeles y cartones impregnados en aceite. Determinación del contenido en agua por valoración coulométrica automática de Karl Fischer.*

IEC 60970 *Fluidos para aplicaciones electrotécnicas. Métodos para el recuento de partículas y su distribución por tamaños en líquidos aislantes.*

IEC 61125:1992 *Fluidos para aplicaciones electrotécnicas. Líquidos aislantes nuevos a base de hidrocarburos. Métodos de ensayo para evaluar la estabilidad a la oxidación.*

IEC 61619 *Líquidos aislantes. Contaminación por policlorobifenilos (PCB). Método de determinación por cromatografía de gases con columnas capilares.*

IEC 62021-1 *Líquidos aislantes. Determinación de la acidez. Parte 1: Valoración potenciométrica automática.*

IEC 62021-2 *Líquidos aislantes. Determinación de la acidez. Parte 2: Valoración colorimétrica.*

IEC 62535:2008 *Líquidos aislantes. Método de ensayo para la detección del azufre potencialmente corrosivo en aceite aislante usado y nuevo.*

IEC 62697-1:2012 *Métodos de ensayo para la determinación cuantitativa de compuestos de azufre corrosivo en líquidos aislantes nuevos y usados. Parte 1: Método de ensayo para la determinación cuantitativa de dibencildisulfuro (DBDS).*

ISO 2049 *Productos petrolíferos. Determinación del color (escala ASTM).*

ISO 2719 *Determinación del punto de inflamación. Método Pensky-Martens en vaso cerrado.*

ISO 3016 *Productos petrolíferos. Determinación del punto de congelación.*

ISO 3104 *Productos petrolíferos. Líquidos transparentes y opacos. Determinación de la viscosidad cinemática y cálculo de la viscosidad dinámica.*

ISO 3675 *Petróleo crudo y productos petrolíferos líquidos. Determinación de la densidad en laboratorio. Método del areómetro.*

ISO 4406:1999 *Fluidos de transmisión hidráulica. Fluidos. Método de codificación del nivel de contaminación por partículas sólidas.*

EN 14210 *Agentes de superficie. Determinación de la tensión interfacial de soluciones de agentes de superficie por el método del estribo o del anillo.*

ASTM D971 *Método de ensayo para la determinación de la tensión interfacial de aceite frente al agua por el método del anillo.*

ASTM D1275:2006 *Método de ensayo para aceite corrosivo en aceites aislantes eléctricos.*

DIN 51353 *Ensayos de aceites aislantes. Detección de azufre corrosivo; Ensayo de la lámina de plata.*