

Junio 2016

### TÍTULO

**Equipos eléctricos impregnados en aceite en servicio**

**Guía para la interpretación de los análisis de gases disueltos y libres**

*Mineral oil-filled electrical equipment in service. Guidance on the interpretation of dissolved and free gases analysis.*

*Matériels électriques remplis d'huile minérale en service. Lignes directrices pour l'interprétation de l'analyse des gaz dissous et des gaz libres.*

### CORRESPONDENCIA

Esta norma es la versión oficial, en español, de la Norma Europea EN 60599:2016, que a su vez adopta la Norma Internacional IEC 60599:2015.

### OBSERVACIONES

Esta norma anulará y sustituirá a las Normas UNE-EN 60599:2000 y UNE-EN 60599:2000/A1:2007 antes de 2018-10-22.

### 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 60599

# Índice

Prólogo.....	8
Introducción.....	10
1 Objeto y campo de aplicación.....	11
2 Normas para consulta .....	11
3 Términos, definiciones y abreviaturas.....	11
3.1 Términos y definiciones.....	11
3.2 Abreviaturas .....	14
3.2.1 Nombres y fórmulas químicas .....	14
3.2.2 Abreviaturas generales.....	14
4 Mecanismos de formación de los gases .....	15
4.1 Descomposición del aceite .....	15
4.2 Descomposición del aislamiento celulósico .....	15
4.3 Desgasificación por pérdida de aceite .....	16
4.4 Otras fuentes de gases .....	16
5 Identificación de defectos .....	16
5.1 Generalidades .....	16
5.2 Composiciones de gases disueltos .....	17
5.3 Tipos de defectos.....	17
5.4 Relaciones básicas de gases .....	17
5.5 Relación $CO_2/CO$ .....	19
5.6 Relación $O_2/N_2$ .....	19
5.7 Relación $C_2H_2/H_2$ .....	20
5.8 Hidrocarburos $C_3$ .....	20
5.9 Evolución de los defectos.....	20
5.10 Representaciones gráficas .....	20
6 Condiciones para calcular las relaciones .....	21
6.1 Examen de los valores del AGD .....	21
6.2 Incertidumbres en las relaciones de gases .....	21
7 Aplicación a gases libres en relés de gases .....	22
8 Niveles de concentraciones de gases en servicio .....	23
8.1 Probabilidad de fallo en servicio .....	23
8.1.1 Generalidades .....	23
8.1.2 Métodos de cálculo .....	24
8.2 Valores típicos de concentraciones.....	24
8.2.1 Generalidades .....	24
8.2.2 Métodos de cálculo .....	24
8.2.3 Selección de porcentajes de normalidad .....	24
8.2.4 Valores de concentraciones de alarma.....	25
8.3 Velocidades de incremento de gases.....	25
9 Método recomendado para la interpretación del AGD (véase la figura 1).....	25
10 Informe de resultados.....	26
Anexo A (Informativo) Notas de aplicación para los equipos .....	28
A.1 Advertencia general.....	28

A.2	Transformadores de potencia.....	28
A.2.1	Subtipos específicos .....	28
A.2.2	Defectos típicos.....	28
A.2.3	Indicación de defectos mediante AGD .....	29
A.2.4	Valores típicos de las concentraciones .....	30
A.2.5	Velocidades típicas de incremento de gases.....	30
A.2.6	Información específica que se debe añadir al informe AGD (véase el capítulo 10) .....	31
A.3	Transformadores industriales y especiales.....	31
A.3.1	Subtipos específicos .....	31
A.3.2	Defectos típicos.....	32
A.3.3	Identificación de defectos por AGD .....	32
A.3.4	Valores típicos de concentraciones .....	32
A.4	Transformadores de medida.....	32
A.4.1	Subtipos específicos .....	32
A.4.2	Defectos típicos.....	33
A.4.3	Identificación de defectos por AGD .....	33
A.4.4	Valores típicos de concentraciones .....	33
A.5	Bornas.....	34
A.5.1	Subtipos específicos .....	34
A.5.2	Defectos típicos.....	34
A.5.3	Identificación de defectos por AGD .....	35
A.5.4	Valores típicos de concentraciones .....	35
A.6	Cables con aceite.....	36
A.6.1	Defectos típicos.....	36
A.6.2	Identificación de defectos por AGD .....	36
A.6.3	Valores de concentraciones típicas .....	36
A.7	Equipos de conexión .....	36
A.7.1	Subtipos específicos .....	36
A.7.2	Funcionamiento normal .....	37
A.7.3	Defectos típicos.....	37
A.7.4	Identificación de defectos por AGD .....	37
A.8	Equipos rellenos de fluidos no minerales.....	38
Anexo B (Informativo) Representación gráfica de las relaciones de gases (véase 5.10).....		39
Bibliografía.....		43
Figura 1 – Diagrama de flujo.....		27
Figura B.1 – Representación gráfica 1 de las relaciones de gases (véase □3□).....		39
Figura B.2 – Representación gráfica 2 de las relaciones de gases .....		40
Figura B.3 – Representación gráfica 3 de las relaciones de gases – Triángulo de Duval nº 1 para transformadores, bornas y cables (véase □4□).....		41
Figura B.4 – Representación gráfica 4 de las relaciones de gases – Triángulo de Duval nº 2 para los CTC (véase A.7.2) .....		42
Tabla 1 – Tabla de interpretación del AGD .....		18
Tabla 2 – Esquema simplificado de interpretación .....		18
Tabla 3 – Coeficientes de solubilidad de Ostwald para varios gases en aceites minerales aislantes .....		23
Tabla A.1 – Defectos típicos en transformadores de potencia .....		29
Tabla A.2 – Rangos del 90% de valores de concentraciones típicas de gases observados en transformadores de potencia, en µl/l.....		30
Tabla A.3 – Rangos del 90% de los incrementos típicos de gases observados en transformadores de potencia (todos los tipos), en µl/l/año.....		31

<b>Tabla A.4 – Ejemplos de valores de concentraciones típicas del 90% observadas en redes individuales .....</b>	<b>32</b>
<b>Tabla A.5 – Defectos típicos en transformadores de medida .....</b>	<b>33</b>
<b>Tabla A.6 – Rangos de concentraciones típicas de 90% observados en transformadores de medida .....</b>	<b>34</b>
<b>Tabla A.7 – Valores máximos admisibles para transformadores de medida sellados .....</b>	<b>34</b>
<b>Tabla A.8 – Defectos típicos en bornas .....</b>	<b>35</b>
<b>Tabla A.9 – Esquema simplificado de interpretación para bornas .....</b>	<b>35</b>
<b>Tabla A.10 – Valores de concentraciones típicas del 95% en bornas .....</b>	<b>36</b>
<b>Tabla A.11 – Rangos de valores de concentraciones típicas del 95% observados en cables .....</b>	<b>36</b>
<b>Tabla A.12 – Defectos típicos en equipos de conmutación .....</b>	<b>37</b>

## 1 Objeto y campo de aplicación

Esta norma internacional describe cómo puede interpretarse las concentraciones de gases disueltos o gases libres para diagnosticar el estado de los equipos eléctricos rellenos de aceite en servicio y sugerir futuras acciones.

Esta norma es de aplicación a los equipos eléctricos rellenos de aceite mineral aislante y con un aislamiento sólido constituido por papel o cartón celulósicos. La información acerca de los tipos específicos de equipos como transformadores (de potencia, de medida, industriales, de locomotora, de distribución), reactancias, bornas, interruptores y cables rellenos de aceite, se proporciona sólo a título indicativo en las notas de aplicación (véase el anexo A).

Esta norma puede aplicarse, pero solo con precaución, a otros sistemas de aislamiento líquido/sólido.

En cualquier caso, las indicaciones proporcionadas deberían ser vistas sólo como guía y cualquier acción derivada de ellas debería realizarse sólo con el adecuado juicio técnico.

## 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, solo se aplica la edición citada. Para las referencias sin fecha se aplica la última edición (incluyendo cualquier modificación de ésta).

IEC 60050-191:1990, *Vocabulario electrotécnico. Capítulo 191: Confiabilidad y calidad de servicio.* (disponible en <http://www.electropedia.org>)

IEC 60050-192:2015, *International Electrotechnical Vocabulary. Part 192: Dependability* (disponible en <http://www.electropedia.org>)

IEC 60050-212:2010, *Vocabulario electrotécnico. Parte 212: Aislantes eléctricos sólidos, líquidos y gaseosos.* (disponible en <http://www.electropedia.org>)

IEC 60050-604:1987, *Vocabulario electrotécnico. Capítulo 604: Producción, transporte y distribución de la energía eléctrica. Explotación.* (disponible en <http://www.electropedia.org>)

IEC 60475, *Método de toma de muestras de líquidos aislantes.*

IEC 60567:2011, *Equipos eléctricos sumergidos en aceite. Toma de muestras de gases para el análisis de gases libres y disueltos. Líneas directrices.*

IEC 61198, *Aceites minerales aislantes. Métodos para la determinación de 2-furfural y compuestos relacionados.*