

The image features a background of a power station at sunset. The sky is a mix of deep blue and orange, with scattered clouds. In the foreground, there are several large electrical transformers and high-voltage power lines stretching across the scene. The overall color palette is dominated by blues and oranges, with a greenish tint on the left side.

 **Trans@quipos**



# Gestión de confiabilidad y vida útil de transformadores de potencia (GCVU)

Ernesto Gallo

ACIEM CIMGGA Bogotá Abril 22 2026





**GCVU**

Trabajo en equipo especialista y usuario



# Mejores prácticas para el diagnóstico y gestión de transformadores

Guía para la toma de decisiones efectivas



## DIAGNÓSTICO INTEGRAL

- Intervenciones basadas en diagnósticos de laboratorio y campo confiables.
- Asegurar que los diagnósticos sean completos y útiles.
- Cotejo de datos de laboratorio y campo para decisiones robustas.



## ANÁLISIS Y TOMA DE DECISIONES

- Aprender de casos reales y evitar errores comunes.
- Interpretación experta y bien fundamentada para decisiones acertadas.
- Analisis de tendencias para anticipar necesidades.
- Priorizar alertas tempranas y acciones preventivas.

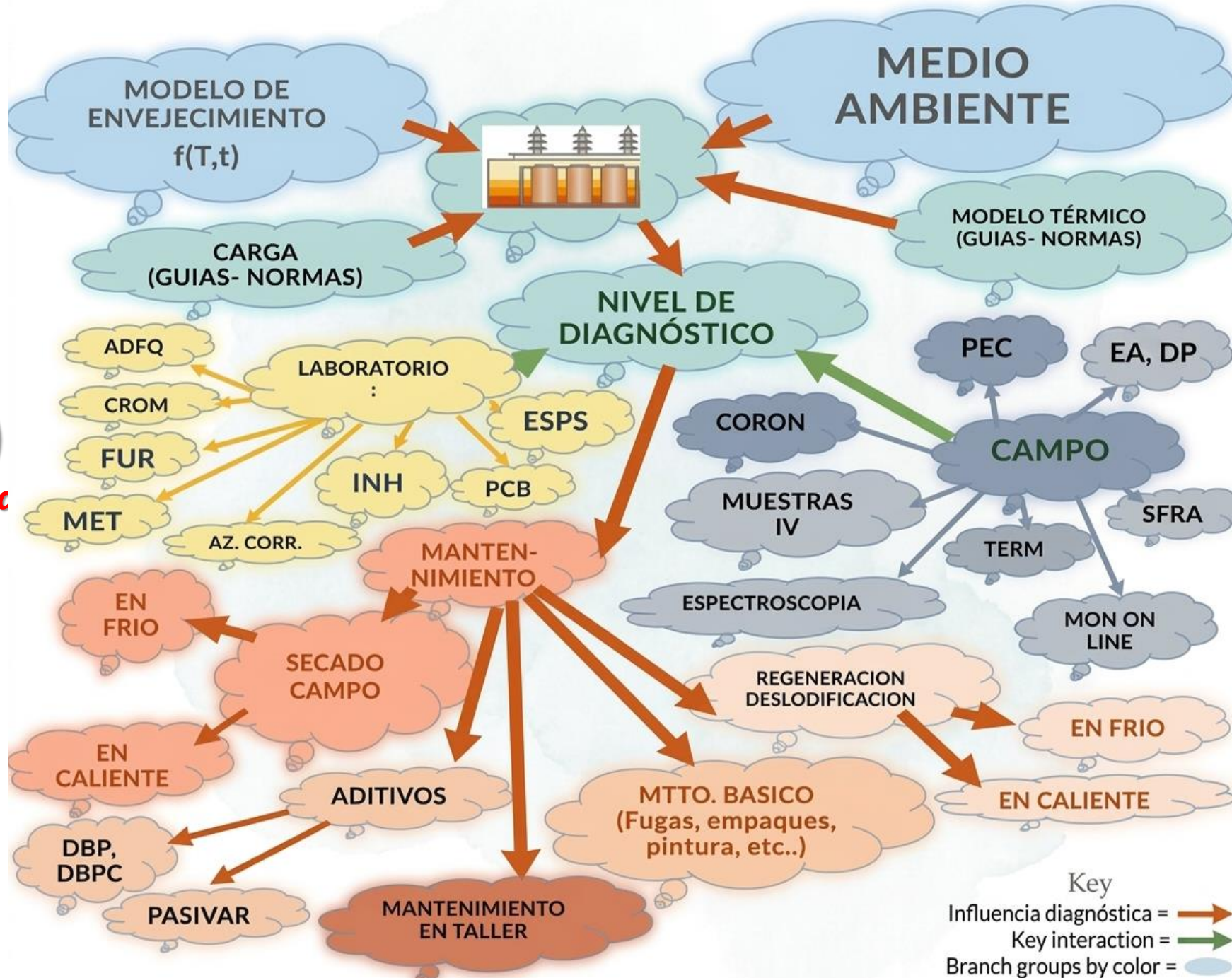


## GESTIÓN DE LA CONFIABILIDAD Y VIDA ÚTIL

- Obtener solo los diagnósticos necesarios y adecuados para cada caso.
- Sinergia de experiencia y normativa util vigente.
- Garantizar GCVU (Gestión de Confiabilidad y Vida Útil) de la mano de expertos.

# Gestión de Confiabilidad y Vida Útil (GCVU)

*Trabajo en equipo especializado y usuario*





# Mapa de diagnóstico - Laboratorio

Paquete de Pruebas	Objetivo General	Detecta	Acciones	Observación
<b>LABORATORIO</b> ADFQ CROM INH MET INH PCB's Azufre Corrosivo	<b>Conocer la condición del aislamiento en cuanto a agua y productos de oxidación del aceite impregnados en el papel aislante y definir acciones a seguir (Códigos de acción o procedimientos)</b>	RD : Seguridad	Desgasificar, deshidratar y filtrar	Indispensable para poner o continuar en servicio según IEEE C57.106.2015  CA 400 y 500 requieren de adición de inhibidor al finalizar el proceso. La tierra fuller retra los inhibidores del aceite aislante.
		H2O (ppm): Secado?	Secado	
		TIF: Pureza del aceite, definitivo para sensibilidad.	Termovacio o Regeneración	
		NN: Acrdez se manifiesta laralmente	Termovacio o Regeneración	
	<b>Descartar o confirmar fallas de tipo térmico o eléctrico</b>	GE: Tipo de aceite, corrección TIF.	Regeneración o Deslodificación	Regeneración o Deslodificación
		FP: Confirma o descarta contaminación por agua o por productos de oxidación, también contaminaciones extrarias a ser investigados		
	<b>Evaluar vida útil remanente</b>	IC (índice de Calidad: TIF/NN); Define Códigos de Acción (Transequipos) para controlar los productos de oxidación generados por la degradación del aceite y su impregnación en el papel aislante.	Termovació, Regeneración o Deslodificación	IC >3000 M12, >1500<3000 chequear cont Inh, IC<1500 Regeneración o Deslodificación, si adicionalmente H2O Secado
		H2, CO2: Sobrecaentamiento del papel aislante.	Ventilación, verificar carga, puede requeer mantenimiento. Ver Furanos y estimar vida uill remanente.	
		H2, CH4: Descargas parciales por efecto corona	Inspección interna, EA y vibraciones.	
	<b>Medir contenido de Metanol</b>	C2H6: Térmico y eléctrico	Gestión vida útil del transformador	GP en la primer mitad de vida útil
C2H4: Punto caliente 300°C y >700°C				
<b>Medir contenido de inhibidor</b>	C2H2: Arco Intemo	Mantener en nivvel de Norma ASTM D3487.	>=500 ppm : disponer.	LINEA BASE, y seguimiento GP en etapas iniciales de deoradación Para acetes inhibidos o que se desean inhibir (ASTM D3487)
	Furanos, grado de polimerización (GP)			
<b>Verificar contaminación</b>	% de inhibidor	>=50<500 ppm: descontaminar. <50 ppm: no PCBs	Cumplir regulación internacional vigente y en Colombia: Ley 233 de 1996 , Res 222 de Die 15 de 2011, Res 1741 Oct 24 2016	Minambiente Tratado de Estocolmo
	Detocción de Aromáticos Clarados (aroclores) por cramatografia de gases según norma ASTM D 4059			
<b>Detectario ASTM D1275 2015 (Unico Metodo)</b>	Presencia de compuestas de azufre en el aceito que puedan formar sullaros de Cu o de Al.	Si positivo, cambio de aceite y Pasivación	Si positivo -> prueba de DBDS(Dibencil Di-sulfuro) y CCD(Covered Conductor Deposition)	



Paquete de pruebas	Objetivo General	Detecta	Acciones	Observación
<b>CAMPO</b>	<b>PEC</b> Verificar comportamiento eléctrico y calidad de aislamiento	Espiras en corto, fallas conmutador falla a corta, contanutación, conexonado.	Definir acorto, Inspección interna, traslado a taller, ordenar alnar pruebas	Las pruebas de calidad de aislamiento(FP, megger) deben ser compatibles con ADFQ
	<b>INSPECCIÓN VISUAL</b> Al tomar la muestra hacer una buena IV que cubre un aspectos relevantes externos y del entorno utilizando técnicas como boroscopia y tecnologías de almacenaja en	El momento de la foma de las muestras aprovecharlo como <i>Momento de verdad</i> para verificar verifieion de aisladores, empaques, pintures, Instrumentstrión, fugas, condiciones de su entomo locativo etc...	Diligenciar una hoja de inspeccion bian degentra qua hobre todos los aspectos relevantes que se puedan observar visualmente, y que aportan para acciones a seguir complementarios en los mantenimientos fulures	Transformadores de Reserva Desermagizados: Descartar presencia de agua libre sin escatimar estuerzo con el apoyo de técnicas como la Boroscopia. Además a la intemperie el aceite con seguridad ha sufrdo una degradación química. Efectuar PEC y ADFQ
	<b>SFRA</b> Verificar disposición mecánica de los componentes del Tr ve una característica inicial	Problemas mecánicos en nócioe, devanados y conexonado.	Evaluar gravedad, inspección en sitio, y taller si fuere necesario	Ejecutar la prueba en fábrica, antes de poner en servicio y descpás de algún evento distruptivo, o complemento a CROM
	<b>ESPECTRO-SCOPIA</b> Verificar la humedad de los aislamientos y calidad del aceite (OMICRON, DIRNANA, MEGGER : DFR - IDFR)	Humedad en el papel aislante, Geometría del aislamiento, conductividad, resioividad (pS/m) del aceite	Programar secado del transformador	CA 200, CA 500
	<b>EA</b> Ubicar falla que previamente se ha detectado por CROM	Actividad acústica y sus coordenadas	Evaluar gravedad, inspección en sitio, y taller si fuere necesario.	Se ejecuta al transformador en operación
	<b>TERM</b> Evaluar el comportamiento térmico externo del Tr en bujes, radiadores y tanque	Puntos calientes externos, temperaturas indirectas	Corregir puntos calientes en bujes y coniesiores, radiadores, la temperaturas indirectas verificar CROM y EA al luere necesario	Se basa en la emisión radismin de energía IR de las superficies.
	<b>CORONO-GRAFIA</b> Verificar presencia de descargas electricas	Descargas de alto voltaje por emisión de radiacion electromagnática en fotones en la zona niumata del UV, detectable por cámaras conográficas	En el mantenimiento conegir anomalias y cambio de componenetes al luere necesario	Recomendable en transformadores de alto voltaje.
	<b>MONITOREO EN LINEA</b> Castionar la confiabilidad y vida util de las transformadores	Casos disueltos, Temperaturas, presiones, voltajes, cortantes, % de aque en papel aislante, vida dill remanente, etc....	Usar tecnicas complementarias, programar mantoriamento de manera optimizada según se requiera.	Instalar equipos de marcas reconocidas con buen soporte local o mixto.

# Diagnóstico integral

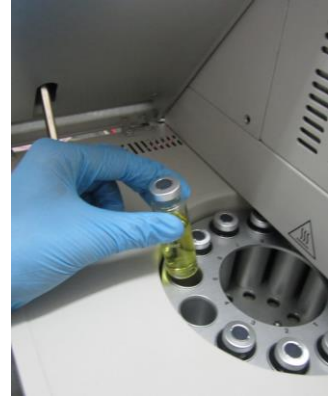
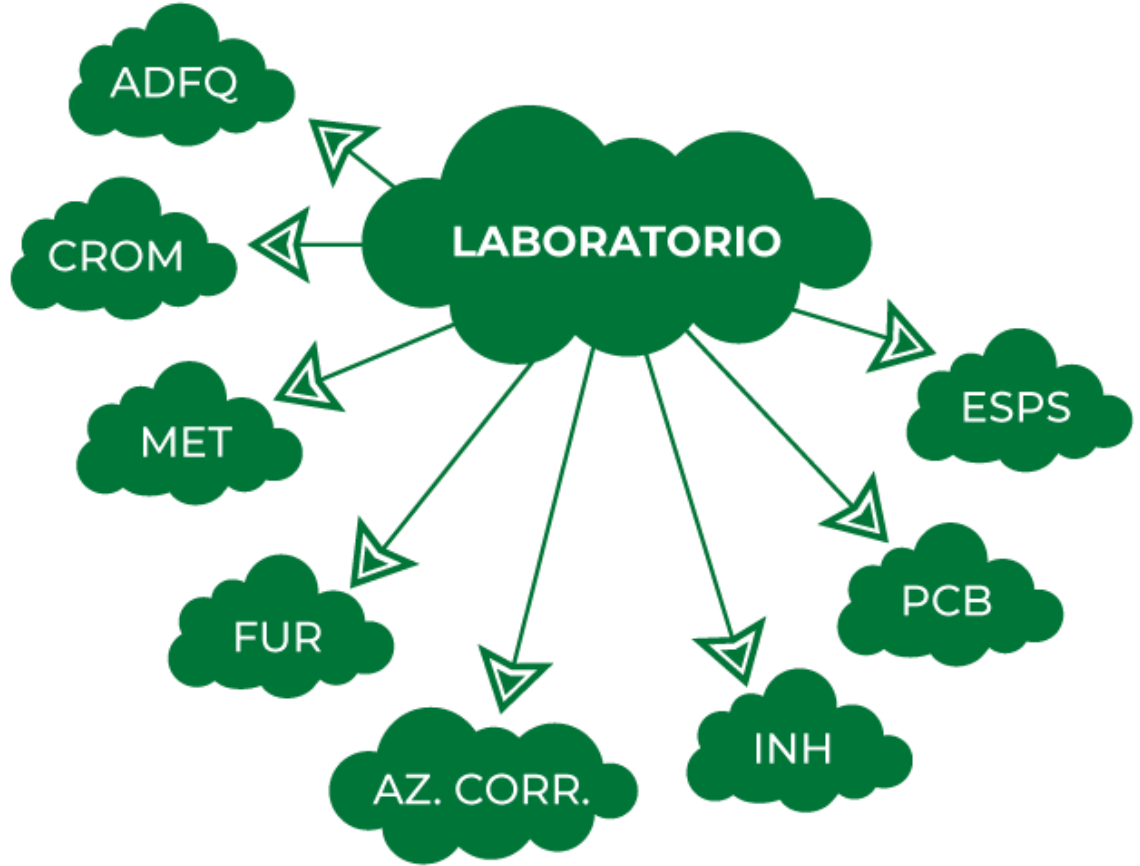
Laboratorio - Campo





**Laboratorio**

# Diagnóstico de laboratorio





# Laboratorio ADFQ

Objetivo





# Mantenimiento

Formulaciones con base en ADFQ

## Agua en el papel:

- Secado mediante vacío y criogenia
- *Secado en caliente*

## Sustancias polares, ácidos y/o lodos (en frío y en caliente):

- Inicio degradación: *inhibición*
- Degradación intermedia: *regeneración*
- Degradación avanzada: *desludificación*





# Agua en aceites en operación

## IEEE C57.106-2015

### 4.2.2 In-service mineral oil—suggested limits for continued use

Suggested test limits by voltage class for Class I mineral oils in electrical equipment to remain in continued service are given in Table 3. It is difficult to quantify the risk of electrical equipment failure while in service with particular test values. The limits from Table 3 are intended to provide reference points for continued evaluation and testing. Each case should be examined individually, and the advice of the manufacturer may be considered during the evaluation process. In addition to this information, other guides (and electrical test data) can be consulted, such as IEEE Std C57.104, IEEE Std C57.143™, and IEEE Std C57.152.

Table 3—Suggested limits for continued use of in-service mineral oil

Test and method	Value for voltage class		
	≤69 kV	>69 – <230 kV	≥230 kV
Dielectric breakdown voltage ASTM D1816 kV minimum			
1 mm gap	23	28	30
2 mm gap	40	47	50
Dielectric breakdown voltage ASTM D877 (note—not for transformers) 2.54 mm gap <sup>a</sup>	25	25	25
Dissipation factor (power factor) ASTM D924 25 ° C, % maximum 100 ° C, % maximum	0.5 5.0	0.5 5.0	0.5 5.0
Interfacial tension ASTM D971 mN/m minimum	25	30	32
Neutralization number (acidity) ASTM D974 mg KOH/g maximum	0.20	0.15	0.10
Water content ASTM D1533 mg/kg maximum (ppm) <sup>b</sup>	35	25	20
Oxidation inhibitor content ASTM D2668 Type II mineral oil	0.08% minimum if in original oil		

<sup>a</sup> This applies only to reactors and voltage regulators, not to transformers.

<sup>b</sup> Equivalent measurement of mg/kg is parts per million (ppm) on a weight-by-weight basis. It is important to consider from a dielectric breakdown voltage point of view that the moisture dissolved in mineral oil limits given could be excessive at low temperatures due to higher levels of percent saturation. See 4.5.



# Aceites en servicio

## Agua - IEC 60422-2013

Table 5 – Application and interpretation of tests (1 of 4)

Property	Category <sup>a</sup>	Recommended action limits			Recommended action <sup>b, c</sup>	Notes
		Good	Fair	Poor		
Colour and appearance	All	Clear and without visible contamination		Dark and/or turbid	As dictated by other tests	Dark colour is a symptom of chemical contamination or ageing. Turbidity is a symptom of high water content
Breakdown voltage (kV)	O, A, D	> 60	50 to 60	< 50	Good: Continue normal sampling.	
	B, E	> 50	40 to 50	< 40	Fair: More frequent sampling. Check other parameters, e.g. water, particle content and perhaps DDF/resistivity and acidity.	
	C	> 40	30 to 40	< 30		
	F	< 30 kV for OLTC in star-point application. < 40 kV for OLTC in delta or line-end application			Poor: Recondition the oil (see 11.2) or, alternatively, if more economical because other tests indicate severe ageing, replace (see Clause 12) or reclaim (see 11.3) the oil combined with subsequent drying procedures	
	G			< 30		
Water content (mg/kg at transformer operating temperature)	O, A	< 15	15 to 20	> 20	Good: Continue normal sampling.	The values of water content shall be always regarded together with the values for breakdown voltage. In case of a suspicion of a moisture problem, sampling at different equipment temperatures is recommended.  In case of switching equipment without paper insulation (Category F), the values of breakdown voltage are of overriding importance.  The listed limit values represent 90 % statistical values and are valid for transformer operating temperatures. The equilibrium between solid and liquid insulation under 40 °C is not reliable and for heavy loaded transformers with oil temperature over 70 °C an implementation of the correction procedure described in Annex A may be useful.
	B, D	< 20	20 to 30	> 30	Fair: More frequent sampling. Check other parameters e.g. breakdown voltage, particle content and perhaps DDF/resistivity and acidity.	
	C, E	< 30	30 to 40	> 40		
	F	Action necessity > 40			Poor: Check source of water, recondition the oil (see 11.2) or, alternatively, if more economical because other tests indicate severe ageing, replace (see Clause 12) or reclaim (see 11.3) the oil combined with subsequent drying procedures, although regard should be taken of the quantity of water that will still be retained in the solid insulation	
	G	Not a routine test				



# ADFQ

Índice de calidad

- Se define como:

$$\underline{IC = TIF / NN}$$

- **Condición buena p.e.:**








$$(TIF=40, NN=0,01 \rightarrow IC=40/0,01=4.000)$$

- **Condición mala p.e.:**

$$(TIF=20, NN=0,2 \rightarrow IC=20/0,2= 100)$$

# Cromatografía de gases

## CROM

PRUEBA	OBJETIVO	DETECTA	ACCIONES	OBSERVACIÓN
CROMATOGRAFÍA DE GASES	Descartar o confirmar fallas de tipo térmico o eléctrico	 <b>CO, CO2:</b> Sobrecalentamiento del papel aislante.	Ventilación, verificar carga, puede requerir mantenimiento.  Ver Furanos y estimar vida útil remanente. 	 Aplicar IEEE C57.104-2019 – CIGRE TB 771-2019. 
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>H2, CH4:</b> Descargas parciales por efecto Corona</li> <li>• <b>C2H6:</b> Térmico y  eléctrico</li> <li>• <b>C2H4:</b> Punto caliente 300°C y &gt;700°C</li> <li>• <b>C2H2:</b> Arco Interno</li> </ul>	Inspección interna, EA y vibraciones.	Aplicar IEEE C57.104-2019 – CIGRE TB 771-2019. Triángulos de DUVAL 1,4 y 5 y Pentágonos de Duval 1 y 2. 



# Cromatografía de gases - CROM

IEEE Std C57.104™-2019  
(Revision of IEEE Std C57.104-2008)

## IEEE Guide for the Interpretation of Gases Generated in Mineral Oil-Immersed Transformers

Developed by the

**Transformers Committee**  
of the  
**IEEE Power and Energy Society**

Approved 13 June 2019

**IEEE SA Standards Board**

The cover features a large green title 'D1/A2' above a green bar with the text 'Technical Brochure'. Below this is a decorative graphic of flowing, translucent blue and green waves. At the bottom, a green bar contains the text 'Advances in DGA interpretation', 'Reference: 771', and 'July 2019'. The CIGRE logo is also present in the bottom right corner.

# D1/A2

Technical Brochure

Advances in DGA interpretation

Reference: 771

July 2019



# Cromatografía de gases

IEEE C57.104-2019

Status de DGA establecen intervalos de muestreo y actividades de mantenimiento en transformadores en operación (5.3)

- **Status 1 para DGA:** Resultados aceptables. Continúe con la operación de rutina.
- **Status 2 para DGA:** Incipiente o reciente modesta producción de gas o nivel de elevación de gas moderadamente. Retomar muestra para confirmación y monitoreo de la posible evolución de los gases.
- **Status 3 para DGA:** Altos niveles de gases o continuando con significativa producción de gases. Acciones mitigantes otras respuestas deben ser consideradas (p.e. otras pruebas, monitoreo continuo).

IEEE Std C57.104™-2019  
(Revision of IEEE Std C57.104-2008)

## IEEE Guide for the Interpretation of Gases Generated in Mineral Oil-Immersed Transformers

Developed by the

Transformers Committee  
of the  
IEEE Power and Energy Society

Approved 13 June 2019

IEEE SA Standards Board



# Cromatografía de gases

IEEE C57.104-2019 | Tabla 1

Table 1—90<sup>th</sup> percentile gas concentrations as a function of O<sub>2</sub>/N<sub>2</sub> ratio and age in  $\mu\text{L}/\text{L}$  (ppm)

		O <sub>2</sub> /N <sub>2</sub> Ratio $\leq$ 0.2				O <sub>2</sub> /N <sub>2</sub> Ratio $>$ 0.2			
		Transformer Age in Years							
		Unknown	1 – 9	10 – 30	$>$ 30	Unknown	1 – 9	10 – 30	$>$ 30
Gas	Hydrogen (H <sub>2</sub> )	80	75		100	40	40		
	Methane (CH <sub>4</sub> )	90	45	90	110	20	20		
	Ethane (C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> )	90	30	90	150	15	15		
	Ethylene (C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> )	50	20	50	90	50	25	60	
	Acetylene (C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> )	1	1			2	2		
	Carbon monoxide (CO)	900	900			500	500		
	Carbon dioxide (CO <sub>2</sub> )	9000	5000	10000		5000	3500	5500	

NOTE—During the data analysis, it was determined that voltage class, MVA, and volume of mineral oil in the unit did not contribute in significant way to the determination of values provided in Table 1.



# Cromatografía de gases

IEEE C57.104-2019 | Tabla 2

Table 2—95<sup>th</sup> percentile gas concentrations as a function of O<sub>2</sub>/N<sub>2</sub> and age in μL/L (ppm)

		O <sub>2</sub> /N <sub>2</sub> Ratio ≤ 0.2				O <sub>2</sub> /N <sub>2</sub> Ratio > 0.2			
		Transformer Age in Years				Transformer Age in Years			
		Unknown	1 – 9	10 – 30	>30	Unknown	1 – 9	10 – 30	>30
Gas	Hydrogen (H <sub>2</sub> )	200	200			90	90		
	Methane (CH <sub>4</sub> )	150	100	150	200	50	60		30
	Ethane (C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> )	175	70	175	250	40	30	40	
	Ethylene (C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> )	100	40	95	175	100	80	125	
	Acetylene (C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> )	2	2		4	7	7		
	Carbon monoxide (CO)	1100	1100			600	600		
	Carbon dioxide (CO <sub>2</sub> )	12500	7000	14000		7000	5000	8000	

NOTE—During the data analysis, it was determined that voltage class, MVA, and volume of mineral oil in the unit did not contribute in significant way to the determination of values provided in Table 2



# Cromatografía de gases

IEEE C57.104-2019 | Tabla 3

IEEE Std C57.104-2019

IEEE Guide for the Interpretation of Gases Generated in Mineral Oil-Immersed Transformers

**Table 3— 95<sup>th</sup> percentile values for absolute level change between successive laboratory DGA samples in  $\mu\text{L/L}$  (ppm)**

		Maximum $\mu\text{L/L}$ (ppm) variation between consecutive laboratory DGA samples	
		$\text{O}_2/\text{N}_2$ Ratio $\leq 0.2$	$\text{O}_2/\text{N}_2$ Ratio $> 0.2$
Gas	Hydrogen ( $\text{H}_2$ )	40	25
	Methane ( $\text{CH}_4$ )	30	10
	Ethane ( $\text{C}_2\text{H}_6$ )	25	7
	Ethylene ( $\text{C}_2\text{H}_4$ )	20	
	Acetylene ( $\text{C}_2\text{H}_2$ )	Any Increase	
	Carbon monoxide ( $\text{CO}$ )	250	175
	Carbon dioxide ( $\text{CO}_2$ )	2500	1750

NOTE—Contribution of voltage class, MVA, and volume of mineral oil in the unit was not studied for Table 3 as they have not been retained for Table 1 and Table 2. Data was insufficient to study age influence.



# Cromatografía de gases

IEEE C57.104-2019 | Tabla 4

**Table 4—95<sup>th</sup> percentile values from multi-points (3-6 points) rate analysis of laboratory DGA samples with all gas levels below Table 1 values, in  $\mu\text{L}/\text{L}/\text{year}$  (ppm/year)**

		Maximum $\mu\text{L}/\text{L}/\text{year}$ (ppm/year) rate in function of the period between first and last point of the laboratory DGA series (3 to 6 samples)			
		O <sub>2</sub> /N <sub>2</sub> Ratio $\leq 0.2$		O <sub>2</sub> /N <sub>2</sub> Ratio $> 0.2$	
		Period between first and last point of the series			
		4-9 Months	10-24 Months	4-9 Months	10-24 Months
Gas	Hydrogen (H <sub>2</sub> )	50	20	25	10
	Methane (CH <sub>4</sub> )	15	10	4	3
	Ethane (C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> )	15	9	3	2
	Ethylene (C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> )	10	7	7	5
	Acetylene (C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> )	Any increasing rate		Any increasing rate	
	Carbon monoxide (CO)	200	100	100	80
	Carbon dioxide (CO <sub>2</sub> )	1750	1000	1000	800

NOTE—Contribution of voltage class, MVA, and volume of mineral oil in the unit was not studied for Table 4 as they have not been retained for Table 1 and Table 2. Data was insufficient to study age influence.



# Flujograma de decisiones - Según IEEE C57.104-2019

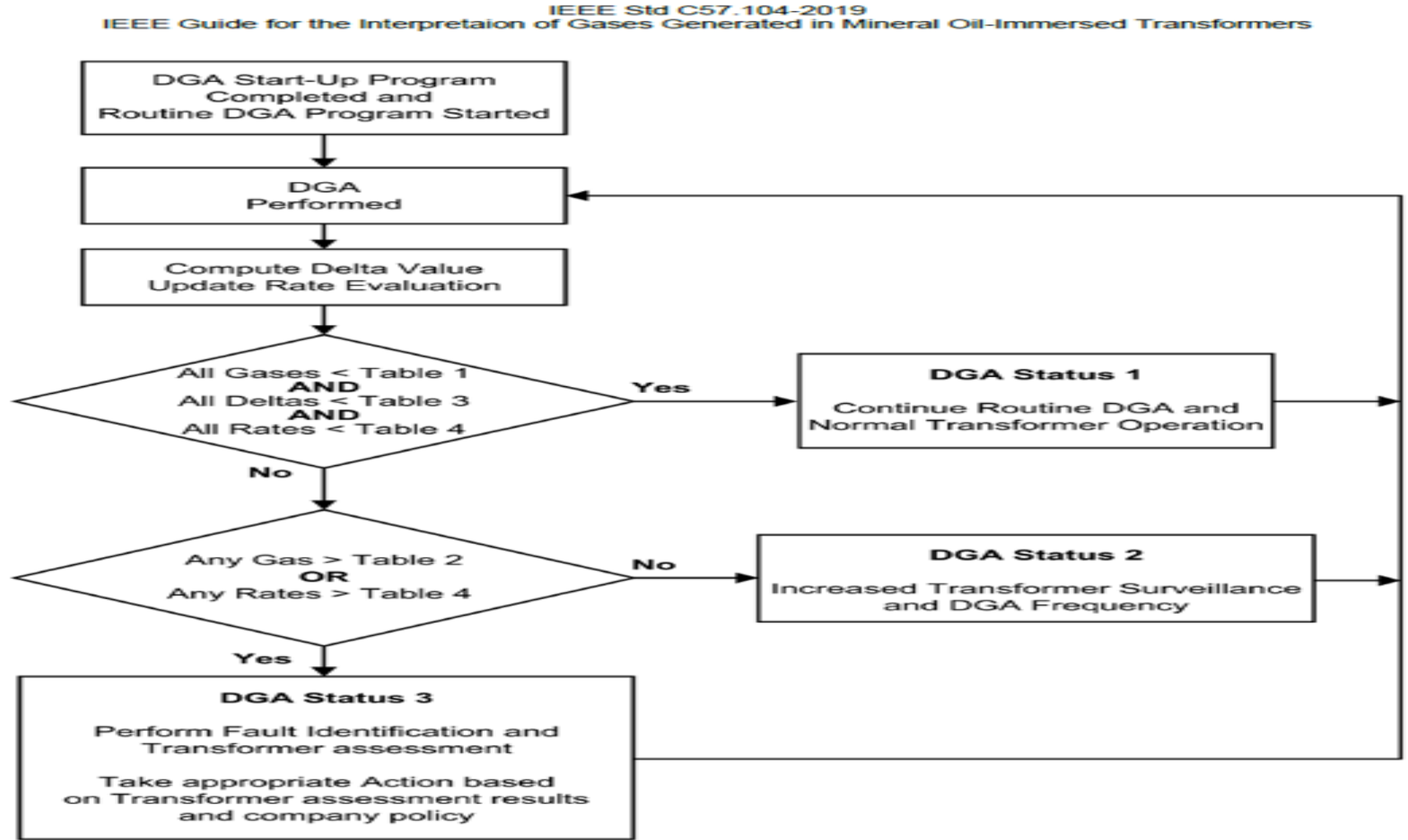


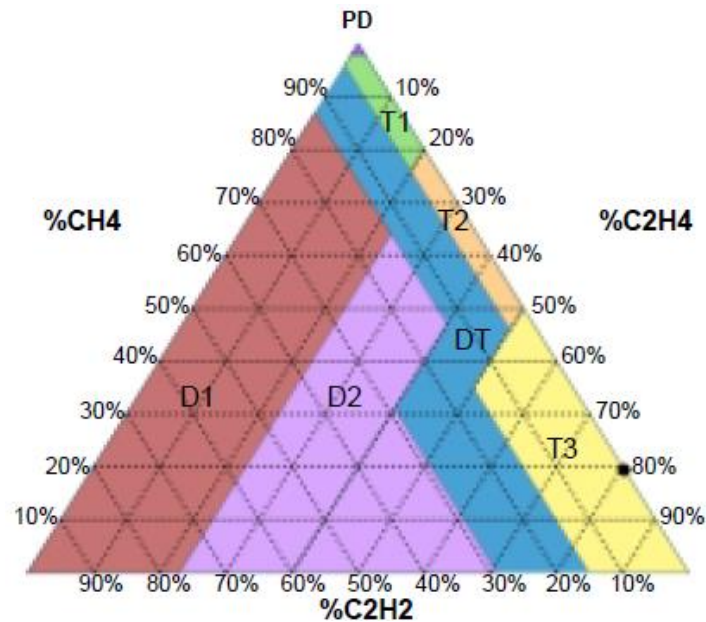
Figure 2—DGA interpretation flow chart (see 6.1 and 6.1.2 for status definition)



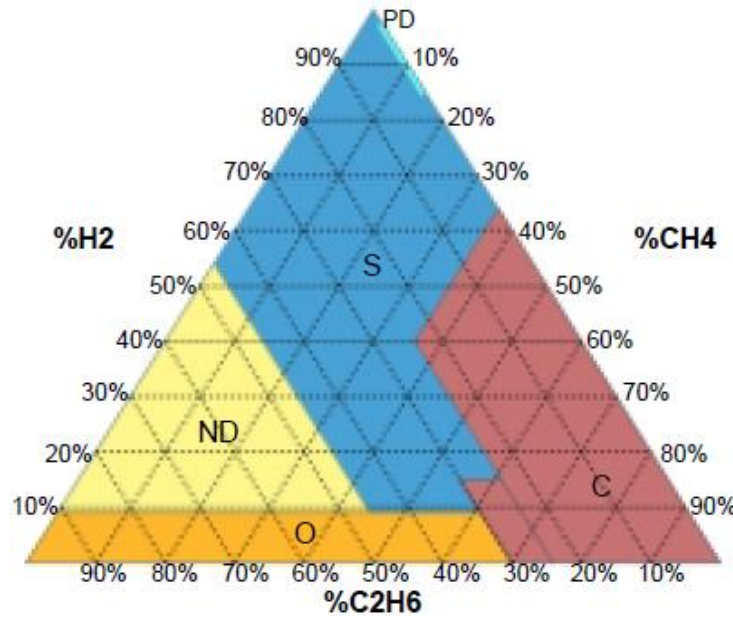


# Triángulos de Duval 1, 4, 5

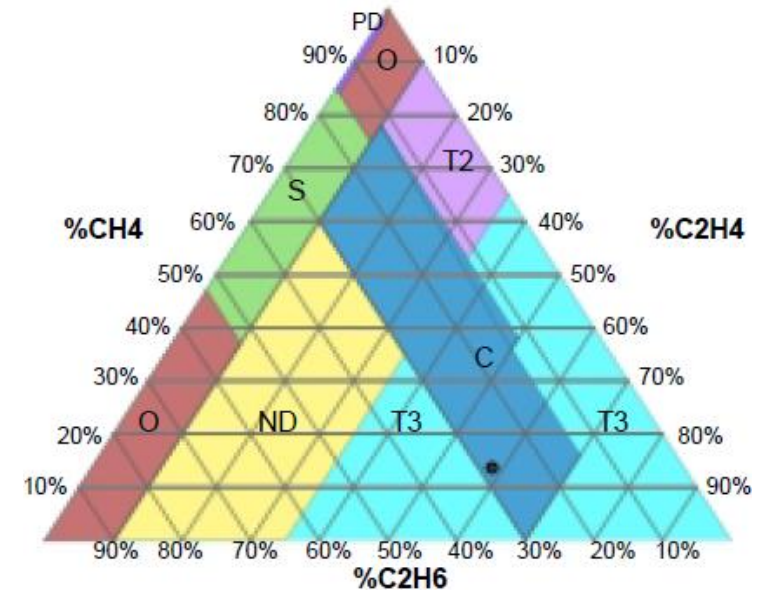
IEEE C57.104-2019



**Triángulo 1**  
6 Tipos Básicos de Fallas



**Triángulo 4**  
Cuando T1, T2, PD en Triángulo 1



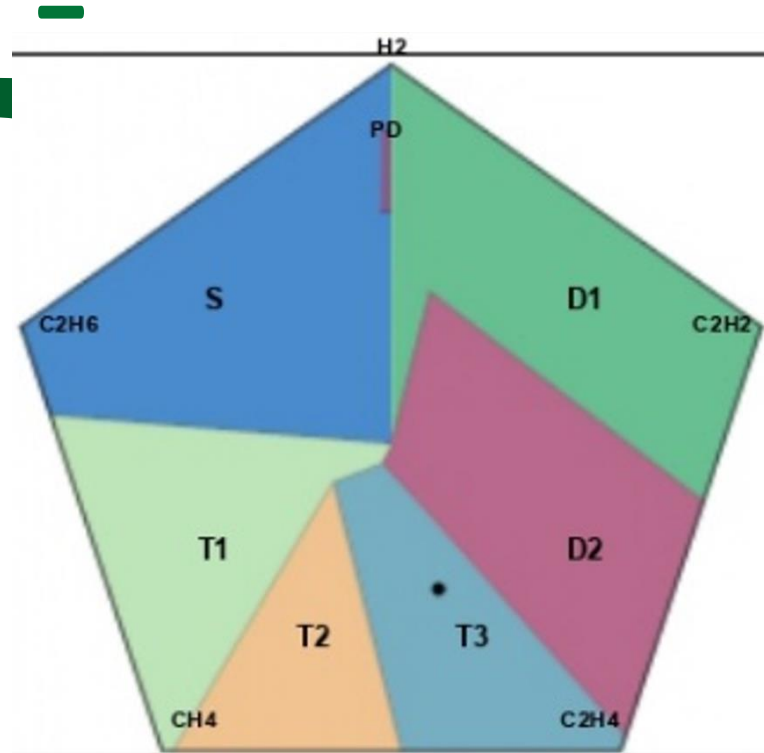
**Triángulo 5**  
Cuando T2, o T3 en Triángulo 1



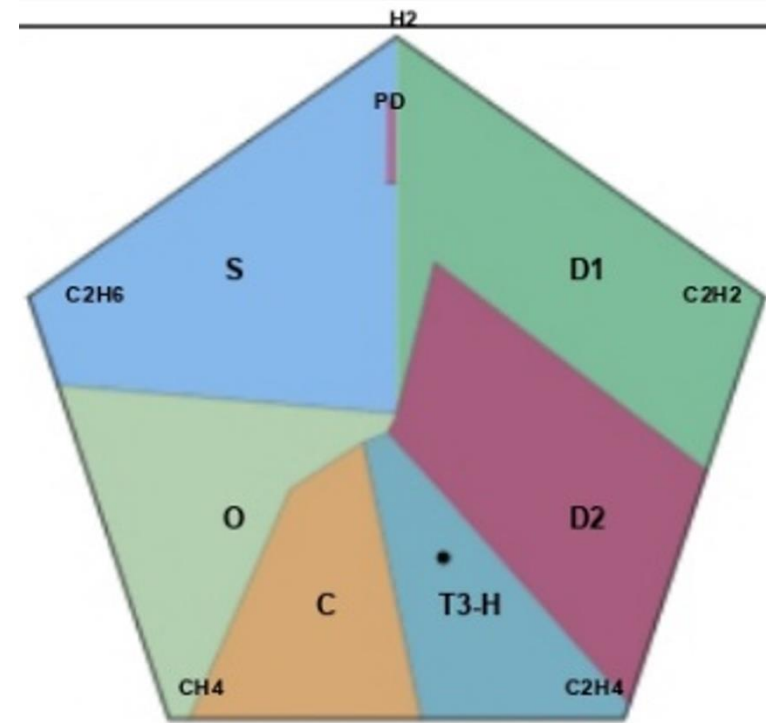
# Pentágonos de Duval 1 y 2

IEEE C57.104-2019

E



Pentágono 1

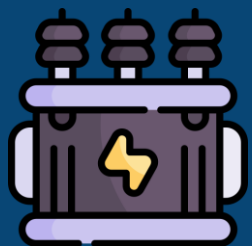


Pentágono 2



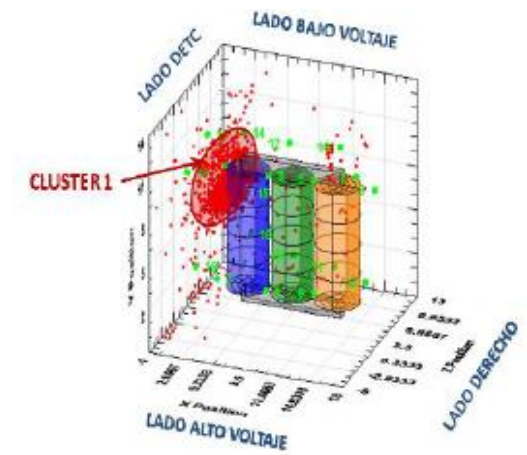
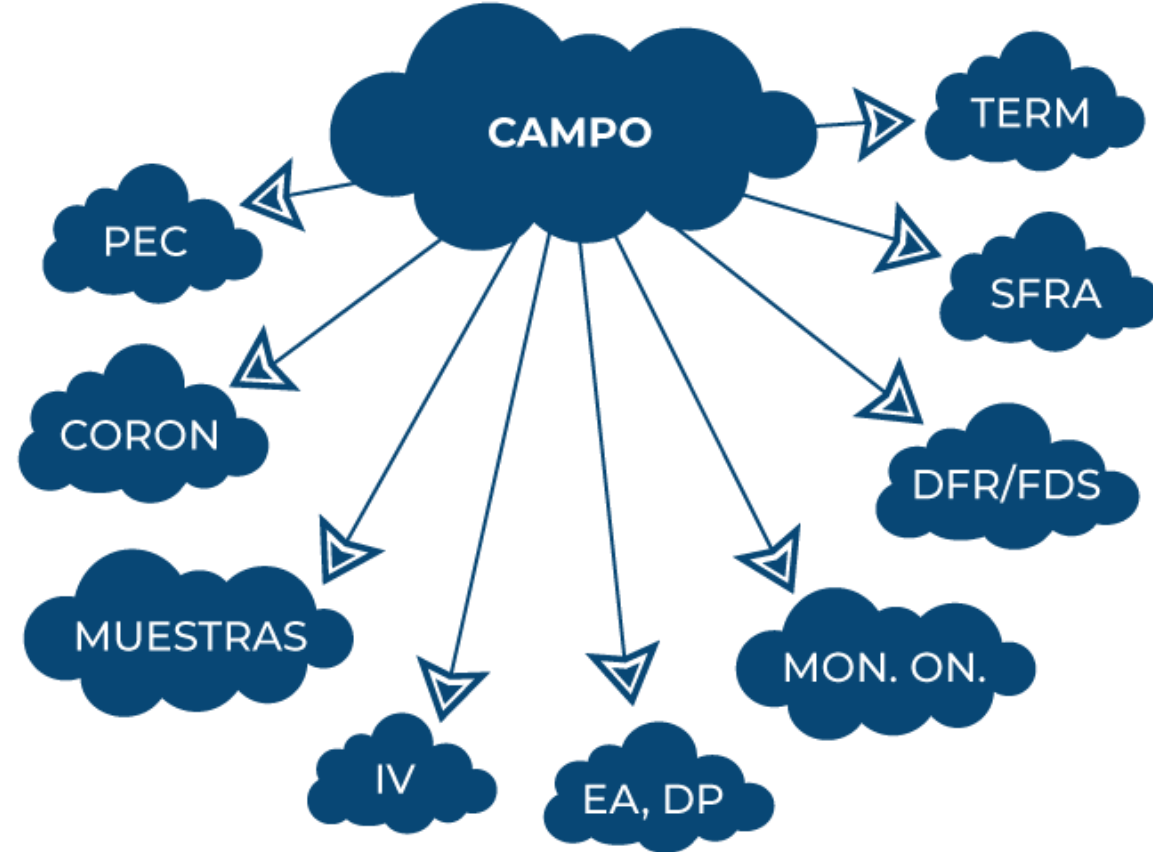
# Furanos, Inhibidor, PCB, AC

PRUEBA	OBJETIVO	DETECTA	ACCIONES	OBSERVACIÓN
FURANOS	Evaluar vida útil remanente	Furanos, grado de polimerización (GP)	Gestión vida útil del transformador	Plan de contingencia
INHIBIDOR	Medir contenido de inhibidor	% de inhibidor	Si < 0.2%, Completar hasta 0.3%. (CA 100,400 y 500).	Para aceites inhibidos o que se desean inhibir (ASTM D3487)
PCB'S	Verificar contaminación	Detección de Aromáticos Clorados (arocloros) por cromatografía de gases según norma ASTM-D 4059	<p>&gt;=500 ppm : disponer.</p> <p>&gt;=50&lt;500 ppm: descontaminar.</p> <p>&lt;50 ppm: no PCBs</p>	Cumplir regulación internacional vigente en cada país y cumplimiento del Tratado de Estocolmo
AZUFRE CORROSIVO	Detectarlo ASTM D1275-2015 (Único Método)	Presencia de compuestos de azufre en el aceite que puedan formar sulfuros de Cu o Al.	Si positivo, cambio de aceite y Pasivación	Si positivo -> prueba de DBDS(Dibencil Di-sulfuro) y CCD (Covered Conductor Deposition)



Campo

# Diagnóstico de campo





# Diagnóstico de campo

PRUEBA	OBJETIVO	DETECTA	ACCIONES	OBSERVACIÓN
PRUEBAS ELÉCTRICAS DE CAMPO	Verificar comportamiento eléctrico y calidad de aislamiento	Espiras en corto, fallas conmutador falla a tierra, contaminación, conexionado.	Definir estado, Inspección interna, traslado a taller, ordenar otras pruebas	Las pruebas de calidad de aislamiento (FP, megger) deben ser compatibles con ADFQ
INSPECCIÓN VISUAL	Toma de la muestra: una buena IV que cubra los aspectos relevantes externos y del entorno con tecnologías de almacenaje en la nube	El momento de la toma de las muestras, Momento de verdad para verificar condición de aisladores, empaques, pinturas, instrumentación, fugas, condiciones de su entorno locativo etc...	Diligenciar una hoja de inspección bien diseñada que cubra los aspectos relevantes que se puedan observar visualmente, y que aporten para acciones a seguir complementarias en mantenimientos futuros.	Transformadores de Reserva Desenergizados: Descartar presencia de agua libre con el apoyo de técnicas como Boroscopia. A la intemperie el aceite con seguridad ha sufrido degradación química. Efectuar PEC y ADFQ.
BARRIDO DE RESPUESTA EN FRECUENCIA	Verificar disposición mecánica de los componentes del Tr vs una característica inicial	Problemas mecánicos en núcleo, devanados y conexionado.	Evaluar gravedad, inspección en sitio, y taller si fuere necesario	Ejecutar la prueba en fábrica, antes de poner en servicio y después de algún evento disruptivo, o complemento a CROM



# Diagnóstico de campo

PRUEBA	OBJETIVO	DETECTA	ACCIONES	OBSERVACIÓN
ESPECTROSCOPIA (FDS, DFR) FDS: Frequency Domain Spectroscopy DFR: Disipation Factor Response	Verificar la humedad de aislamientos y calidad del aceite	Humedad en el papel aislante, conductividad, resistividad (pS/m) del aceite	Programar secado del transformador	CA 200, CA 500
EMISIONES ACÚSTICAS y DESCARGAS PARCIALES	Ubicar falla que previamente se ha detectado por CROM	Actividad acústica y de DP ubicar sus coordenadas	Evaluar gravedad, inspección en sitio, y taller si fuere necesario.	Se ejecutan al transformador en operación
TERMOGRAFÍA	Evaluar comportamiento térmico externo del Tr en bujes, radiadores y tanque	Puntos calientes externos, temperaturas indirectas	Corregir puntos calientes en bujes y conexiones, radiadores, si temperaturas indirectas verificar CROM y EA si fuere necesario	Se basa en la emisión radiante de energía IR de las superficies.



# Diagnóstico de campo

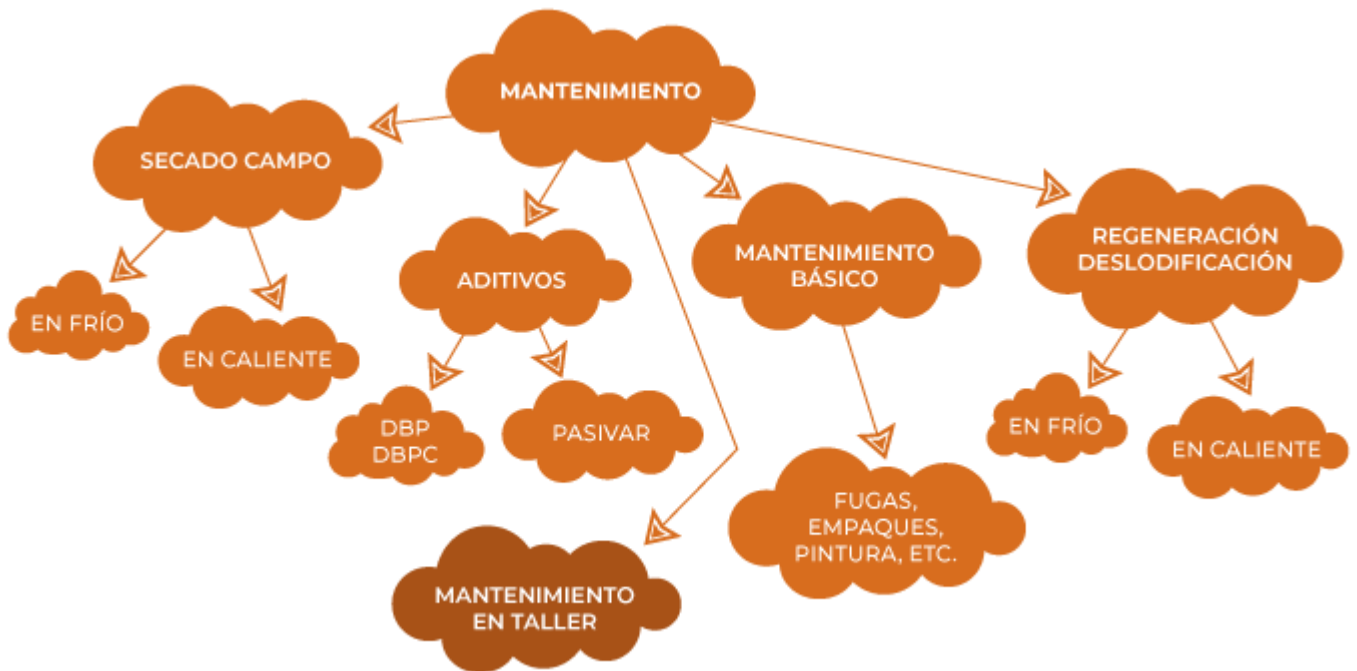
PRUEBA	OBJETIVO	DETECTA	ACCIONES	OBSERVACIÓN
CORONOGRAFÍA	Verificar presencia de descargas eléctricas	Descargas de alto voltaje generando emisión de radiación electromagnética en fotones en la zona invisible del UV, detectable por cámaras coronográficas.	En el mantenimiento corregir anomalías y cambio de componentes si fuere necesario	Recomendable en transformadores de alto voltaje.
MONITOREO EN LÍNEA	Si se lleva a cabo juiciosamente es la mejor herramienta para gestionar la confiabilidad y vida útil de los transformadores	Gases disueltos, Temperaturas, presiones, voltajes, corrientes, % de agua en papel aislante, vida útil remanente, etc...	Usar técnicas complementarias, programar mantenimientos de manera optimizada según se requiera. Preferiblemente actuar en lo preventivo.	Instalar equipos de marcas reconocidas con buen soporte local o mixto.



# Mantenimiento

# Mantenimiento en campo

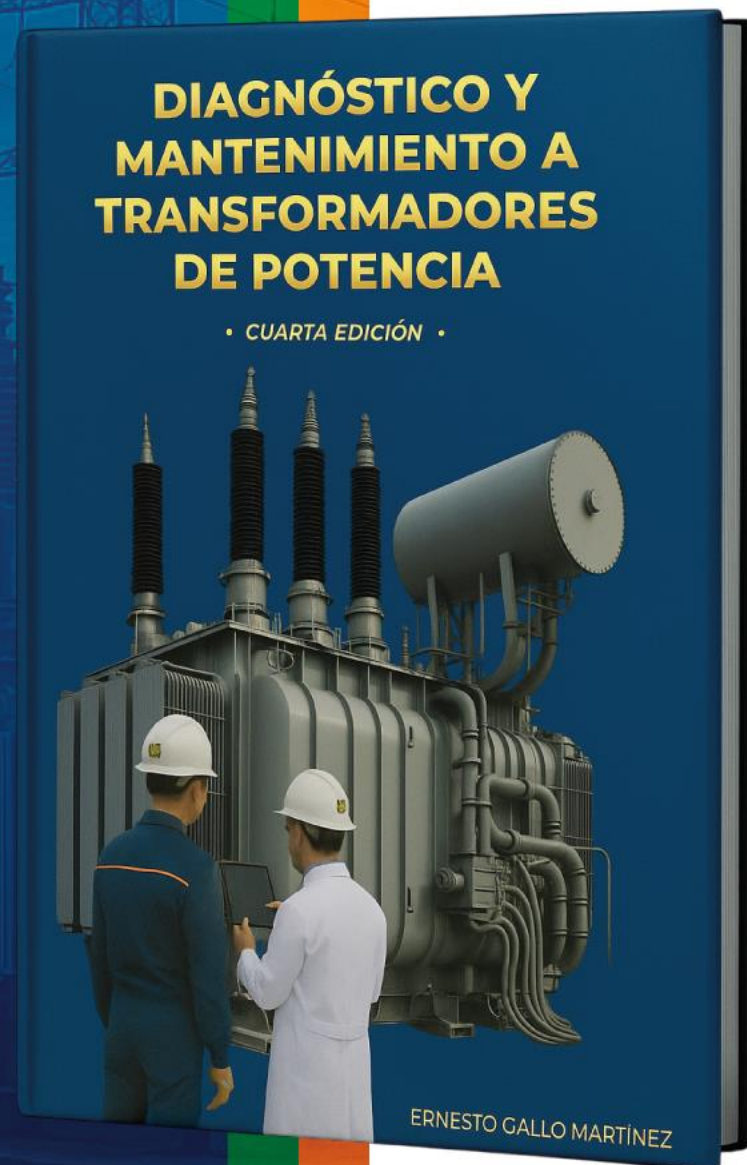
Experiencia + Normativa



**LIBRO: Diagnóstico y Mantenimiento  
a Transformadores de Potencia  
(Cuarta Edición)**

Una guía técnica, integral y  
práctica para el **diagnóstico y  
mantenimiento de transformadores  
de potencia**, enfocado en prolongar  
su vida útil mediante el cuidado  
del sistema de aislamiento

**¡ADQUIÉRALO  
AHORA!**



# MANTENEMOS LA MEJOR ENERGÍA PARA SUS NEGOCIOS



[transequipos.com](http://transequipos.com)

