



*Líder en mantenimiento predictivo.*

**Servicios de Diagnóstico Termogram S.A.**

1 km al Oeste de la Iglesia de San Lorenzo, San Joaquín de Flores

Heredia, Costa Rica.

Tel: (506) 2-265-8727

Fax: (506) 2-265-4773

E-mail: [soporte@termogram.com](mailto:soporte@termogram.com)

Sitio Web: [www.termogram.com](http://www.termogram.com)



***Mantenimiento Predictivo de Transformadores  
Mediante Análisis de Aceites Dieléctricos.***



## Mantenimiento Predictivo Mediante Análisis de Aceites Dieléctricos.

### Introducción.

Los transformadores son el corazón de nuestras plantas y edificios, mantienen todos los equipos en marcha y proveen la energía para realizar nuestras labores diarias. Por lo tanto debemos de mantenerlos en óptimas condiciones de funcionamiento, y así evitar que se paralice la producción. Hoy en día no se puede dar el lujo de permitir que esto suceda.

Una de las mejores formas de monitorear la condición de los transformadores, es mediante el análisis de aceites dieléctricos. Pero, ¿Qué tan importante es? Mucho, ya que el aceite dieléctrico cumple las siguientes funciones:

- Aísla eléctricamente los bobinados.
- Extingue arcos eléctricos.
- Disipa el calor.

Cuando el aceite se degrada, se reducen los márgenes de seguridad, y se aumenta el riesgo de un fallo prematuro. Si cualquiera de estas funciones falla, nuestro equipo se dañará y provocará pérdidas en paros inesperados de la producción.

Para mantener una tendencia del comportamiento del aceite dieléctrico es necesario realizar pruebas periódicas. Entre las que se realizan están:

- Físico-químicas.
- Cromatografía de gases disueltos.

Además de estas, se tienen pruebas para el análisis de furanos (deterioro papel aislante), y determinación de PCBs.

### **Pruebas de aceites dieléctricos.**

Las pruebas de aceites dieléctricos se dividen en dos áreas principales, las pruebas físico químicas y las pruebas de cromatografías de gases disueltos.

## Descripción de las pruebas

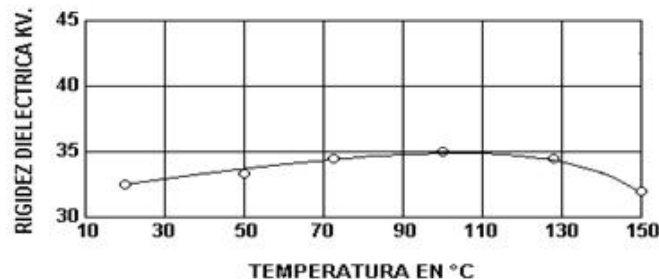
Los aceites dieléctricos son usados para enfriar equipos eléctricos tales como transformadores e interruptores. Las pruebas del aceite dieléctrico constituyen la mejor forma de evaluar la condición del líquido aislante.

La calidad del líquido como dieléctrico será influenciado por cada uno de los siguientes factores:

### Temperatura elevada.

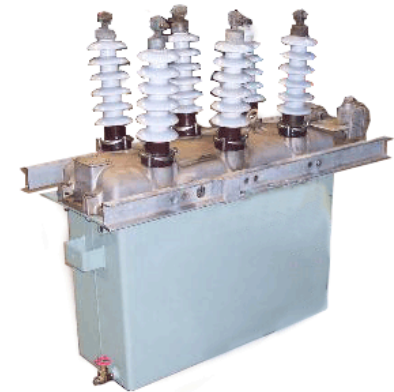
Una temperatura alta puede ser causada por incremento de carga, pérdida de enfriamiento, temperatura externa elevada o por fallas eléctricas o térmicas. Las elevadas temperaturas incrementan dramáticamente las reacciones químicas. Generalmente las reacciones se duplican por cada 10 grados centígrados de aumento en la temperatura.

Consecuentemente, la tasa a la cual el aceite se oxida es significativamente afectada por la temperatura.



### Oxidación.

El aceite reacciona con el oxígeno para formar ácidos orgánicos, esteres y compuestos fenólicos. La oxidación es controlada por la disponibilidad del oxígeno y la temperatura. Los productos de la oxidación son en gran parte responsables del deterioro del aislante dieléctrico. Finalmente la oxidación produce sedimentación, la cual reducirá la transferencia de calor y eventualmente causará sobrecalentamiento.



### Contaminación.

Las propiedades dieléctricas del aceite son afectadas por contaminantes como agua, fibras de celulosa, partículas metálicas y metales disueltos en el aceite. Al deteriorarse el dieléctrico producirá una pérdida de eficiencia y posiblemente una falla en el equipo.

## Pruebas Físico Químicas al aceite dieléctrico.

Una detección temprana de la calidad del aceite ayudará a reducir costos de mantenimiento y a prevenir fallas. Esto puede ser logrado mediante un adecuado programa de pruebas al aceite que monitorea la condición del fluido dieléctrico.

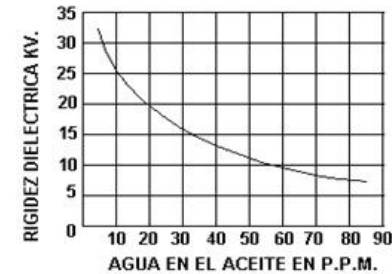
Entre las pruebas físico-químicas que se realizan al aceite están las siguientes:

### Rigidez Dieléctrica.

Esta prueba representa el voltaje a la cual el fluido dieléctrico llega a ser un conductor. Se reporta en Kilo Voltios. La presencia de contaminantes, incluyendo los productos de la oxidación reduce la rigidez dieléctrica.

### Humedad.

La presencia de humedad es una de las causas desfavorables más comunes que afectan el aceite dieléctrico. El agua se reporta en partes por millón (ppm). El análisis se realiza usando colorimetría. Exceso de humedad puede causar severos problemas con el transcurso del tiempo. Afecta tanto al aceite como al aislante de papel. Adjunto están algunos gráficos mostrando esta relación. Se usa el estándar IEEE C57.106 Guide for Acceptment and Maintenance of Insulating Oil in Equipment.



La guía provee una mejor explicación de los efectos del exceso de humedad y otros problemas y está disponible en IEEE ([www.ieee.org](http://www.ieee.org)). La humedad puede ser removida por filtración o métodos de vacío/calor.

### Número de ácido.

Acidez en el fluido primariamente a causa del resultado de la oxidación del aceite. Se reporta en miligramos de hidróxido de potasio por gramo de fluido. El medir la acidez permite monitorear el proceso de oxidación. Entre más alto sea el valor, mayor es la oxidación y más cerca se está de la sedimentación.

### Tensión interfacial.

Mide la presencia de contaminantes polares en el aceite. Se reporta en dynes por centímetro. Para fluidos en servicio, una baja en esta lectura indica un aumento en la concentración de contaminantes, incluyendo el proceso de la oxidación.

### Viscosidad Cinemática.

Es una medida de la resistencia del fluido bajo condiciones específicas. Se reporta en Saybolt Universal Segundos y, afecta la habilidad del fluido para transferir calor.

### Gravedad Específica.

Es la tasa de la densidad del aceite referente a la densidad del agua a una temperatura específica.

### Inhibidor de Oxidación.

La presencia de inhibidores de la oxidación puede reducir la velocidad a la cual el aceite se oxida. Estos componentes pueden ser agregados al aceite y así reaccionan con el oxígeno. Si el contenido de inhibidor de oxidación desciende rápidamente puede ser indicativo de la existencia de puntos calientes dentro del transformador. La concentración es medida y se reporta en porcentaje.

### Factor de Potencia.

Es una medida de la pérdida dieléctrica del aceite debido a disipación de calor en un campo dieléctrico. Un bajo factor de potencia indica pérdida en el dieléctrico. Esta prueba en conjunto con otras es muy útil para determinar la calidad global del aceite.

### Índice de refracción.

Este varía con la composición del aceite, con la naturaleza y concentración de contaminantes. Un cambio en éste índice está relacionado a un cambio en la composición del aceite causado principalmente por presencia de contaminantes.

### Punto de Vertido (Pour Point).

Es un índice de su aplicabilidad. Para determinar su punto de vertido el fluido es calentado y luego enfriado a una tasa específica. La última temperatura a la cual el líquido fluye es reportada.

### Punto de Llama.

El punto de llama es la temperatura más baja a la cual el fluido enciende. Un bajo punto de llama puede indicar la presencia de materiales volátiles en el aislamiento.

### Sulfuro Corrosivo.

La presencia de sulfuro puede provocar corrosión en superficies de metal dentro del equipo eléctrico. Compuestos de sulfuro indeseados son detectados al observar el efecto del fluido en superficies de cobre.

## Cromatografía de Gases Disueltos.

Estas pruebas se realizan con el fin de detectar el grado de deterioro del aceite, así como el que tiene el papel aislante de los transformadores.

Los gases claves formados por la degradación del aceite aislante son:

- Hidrógeno (H<sub>2</sub>)
- Metano (CH<sub>4</sub>)
- Etano (C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>)
- Etileno (C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>)

Los gases formados por la degradación del papel aislante son:

- Monóxido de Carbono (CO)
- Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>)
- Oxígeno (O<sub>2</sub>)

El Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>), Oxígeno (O<sub>2</sub>), Nitrógeno (N<sub>2</sub>) y la humedad pueden ser absorbidos desde el aire que se encuentra en el exterior, es decir desde el medio ambiente al que normalmente se encuentra expuesto el transformador, los canales de contaminación pueden ser desde una fuga en la carcasa o que el filtro de sílica gel no se encuentre en condiciones normales para la operación a plena carga del transformador.

Las descargas de energía parciales, de bajo nivel, en forma de arco eléctrico producen Hidrógeno junto con cantidades significativas de Metano y Etano. Las descargas de energía parciales, de alto nivel, son capaces de generar todos los gases incluyendo Acetileno, los cuales requieren de más energía.

## Identificación de fallas

Basados en los resultados que se obtengan de la cromatografía de gases disueltos, es posible identificar problemas como:

### Efecto corona

Esta es una falla eléctrica de baja energía, resultado de la ionización del fluido dieléctrico que la rodea. Típicamente se incrementan los niveles de hidrogeno.

### Saltos de corriente (sparking)

Son descargas intermitentes de alto voltaje, sin alta corriente. Esta caracterizado por incrementos en los niveles de hidrogeno, metano y etano, sin un incremento simultaneo de acetileno.

### Sobre calentamiento

El calentamiento puede ser causa de varias razones, como sobre carga, corrientes circulando, una mala conexión de tierra y falsos contactos. Esta caracterizado por incrementos en los niveles de hidrogeno, metano, etano y etileno.

### Arcos eléctricos

Son los procesos de falla más severos, en los que se ven altas corrientes y altas temperaturas. Estos se pueden producir principalmente a fallas de corto circuito. Esta caracterizado por incrementos en los niveles de acetileno.

Como se mencionó en el principio, hay más pruebas para aceites dieléctricos, como el análisis de furanos, que sirve para determinar el grado de descomposición del papel aislante, y la prueba para determinar el contenido de PCBs en los aceites.

***Si desea más información sobre aceites dieléctricos escribanos a:***

***[soporte@termogram.com](mailto:soporte@termogram.com) ó llame a nuestras oficinas y nuestros ingenieros estarán asesorándole.***