



**Leza, Escribá  
& Asociados S.A.**

*Consultores en Ingeniería  
de Riesgos y Valuaciones*

Zavallía 2125  
Buenos Aires  
Argentina

www.lea.com.ar

info@lea.com.ar  
tel: 54.11.4786.7000  
fax: 54.11.5279.1048

Ingeniería e  
inspección de riesgos

Programas  
de prevención

Valuaciones

Ajustes y peritajes

Riesgos del trabajo

Control de daños  
en automóviles

CIRCULAR **09.14**

## RIESGOS EN TRANSFORMADORES DE POTENCIA

Un transformador eléctrico es una máquina estática (sin partes móviles), que permite variar el voltaje, manteniendo la frecuencia de la red.

Para lograrlo, transforma la electricidad que le llega al arrollamiento primario (también llamado devanado primario) en magnetismo, para volver a transformar el magnetismo en electricidad en el arrollamiento secundario.



### Clasificación de los transformadores

Los transformadores se pueden clasificar de acuerdo a la función que cumplen, a saber:

- Los transformadores ubicados en las usinas generadoras son “**elevadores de tensión**” y se utilizan para elevar la tensión de salida del equipo generador (generalmente entre 5 y 25 kV) a la tensión en la cual la electricidad es transportada (normalmente más de 50 kV).
- Los transformadores “**reductores de tensión**”, generalmente en subestaciones primarias o secundarias, se utilizan para reducir la tensión de transporte a la tensión a la cual la electricidad es consumida en los hogares o industrias (normalmente entre 0,2 y 15 kV).

El sistema de aislación es otro de las características que permite clasificar los transformadores, a saber

- La mayoría de los transformadores, poseen **aceite mineral como aislante** con lo cual el riesgo de incendio es elevado.



**Leza, Escribá  
& Asociados S.A.**

*Consultores en Ingeniería  
de Riesgos y Valuaciones*

Zavalía 2125  
Buenos Aires  
Argentina

www.lea.com.ar

info@lea.com.ar  
tel: 54.11.4786.7000  
fax: 54.11.5279.1048

Ingeniería e  
inspección de riesgos

Programas  
de prevención

Valuaciones

Ajustes y peritajes

Riesgos del trabajo

Control de daños  
en automóviles

- Algunos transformadores de baja tensión (menores a 15 kV) pueden fabricarse con **aislación en base a resinas epoxy**, por lo cual carecen de aceite mineral, lo que reduce sustancialmente el riesgo de incendio y de derrames contaminantes.

### Las principales causas de daño en los transformadores

- Pérdida de su aislamiento interno
- Descargas parciales
- Sobrecargas
- Sobrecalentamiento del aceite
- Sobre-tensiones y descargas atmosféricas
- Fallos de las protecciones internas del transformador
- Fallas en los cambiadores de taps
- Daños en los conductores debido a la presencia de gases corrosivos

La edad de los transformadores es otro factor importante a tener en cuenta cuando se evalúa el riesgo de falla. Se puede esperar una vida media de un transformador de unos 40 años, aunque también es frecuente que bajo condiciones más extremas de cargas y temperatura, la vida media sea más reducida.

Es de considerar que según la empresa de Investigación Newton Evans Inc., el equipamiento actualmente instalado en el mundo posee un promedio de edad de 35 años. Esto significa que muchos de ellos, están llegando al término de su vida útil.

Las causas descritas anteriormente incrementan la probabilidad de un arco eléctrico al interior del transformador; la energía resultante de arcos eléctricos vaporiza el aceite, generando gases explosivos tales como Hidrógeno, Metano, Etano, Etileno y Acetileno.

#### **Explosión en Central Generadora**

Como consecuencia de la explosión de un transformador, una central eléctrica de 1,350 MW estuvo fuera de servicio durante 4 meses. La sección dañada (450 MW) estuvo fuera de servicio durante 13 meses adicionales. Los transformadores “elevadores de tensión” (especialmente en centrales “de base”, que funcionan permanentemente a su máxima potencia), están sometidos a la máxima potencia todo el tiempo y requieren mayores controles que los transformadores de distribución.





**Leza, Escribana  
& Asociados S.A.**

*Consultores en Ingeniería  
de Riesgos y Valuaciones*

Zavalía 2125  
Buenos Aires  
Argentina

www.lea.com.ar

info@lea.com.ar  
tel: 54.11.4786.7000  
fax: 54.11.5279.1048

Ingeniería e  
inspección de riesgos

Programas  
de prevención

Valuaciones

Ajustes y peritajes

Riesgos del trabajo

Control de daños  
en automóviles

## Efectos de un incendio o explosión de un transformador

Los efectos más habituales de los incendios en transformadores son los siguientes:

- Daños a los componentes internos del transformador y equipos adyacentes
- Lesiones al personal que se encuentre en el sector
- Contaminación ambiental por el aceite expulsado y la generación de humos debido a la combustión del aceite
- Propagación del incendio debido a la expulsión de aceite en llamas
- Perdidas económicas por daños directos a la propiedad y daños indirectos derivados de la interrupción del negocio (lucro cesante)

### **Incendio de una Subestación eléctrica**

Aún después de 72 horas; una parte de los 68.000 litros de aceite que refrigeraban los cuatro transformadores de esta subestación seguían ardiendo.

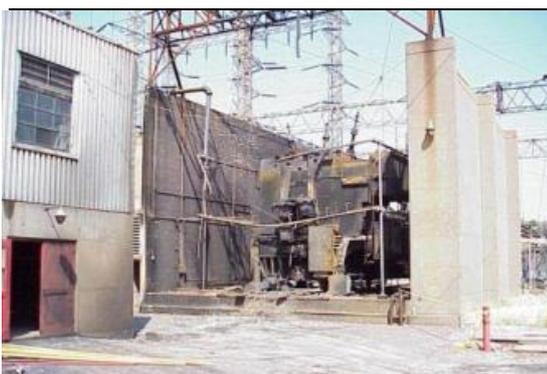
180 vecinos debieron evacuar sus residencias, 40.000 usuarios estuvieron más de 24 horas sin corriente eléctrica y el edificio donde se albergaban los transformadores debió ser demolido.



## Minimizando las consecuencias de un incendio

Para minimizar los daños que resultan de una avería, incendio o explosión en un transformador, se pueden analizar las siguientes soluciones

- Sistemas de supresión de incendios, entre los que se destacan sistemas a base de agua nebulizada o CO<sub>2</sub>.
- Sistemas de despresurización rápida para evitar la explosión y posterior incendio.
- Sistemas de protección pasiva contra incendio, como ser muros contra incendio que evitan la propagación de los daños hacia el resto de la instalación.



### **Incendio en transformador se propaga afectando la totalidad de los transformadores adyacentes**

Planta Venice, Illinois, USA, año 2000. La magnitud de los daños alcanzó los 9 transformadores de la empresa. El monto de los daños fue estimado en 230 millones de USD.



**Leza, Escribá  
& Asociados S.A.**

Consultores en Ingeniería  
de Riesgos y Valuaciones

Zavalía 2125  
Buenos Aires  
Argentina

www.lea.com.ar

info@lea.com.ar  
tel: 54.11.4786.7000  
fax: 54.11.5279.1048

Ingeniería e  
inspección de riesgos

Programas  
de prevención

Valuaciones

Ajustes y peritajes

Riesgos del trabajo

Control de daños  
en automóviles

## Coberturas de seguros

Los riesgos de incendio, explosión y daños de la naturaleza (rayos, huracanes, terremotos y otros) pueden ser amparados por coberturas de la rama de incendio y en la cobertura básica de las pólizas todo riesgo para daño material (Todo Riesgo Operativo).

Sin embargo, las averías eléctricas, que ocurren con mayor frecuencia, como cortocircuitos y recalentamientos se amparan en los ramos técnicos bajo la cobertura de rotura de máquinas y pueden ser incorporadas a las coberturas de Todo Riesgo daño material como cobertura adicional.

En la medida que es conocido el deterioro paulatino de la aislación celulósica de los bobinados, en ambas coberturas de seguros suelen utilizarse (para daños parciales) cláusulas que exigen una *depreciación de los costos de rebobinado*, como el endoso MR 331 (Munich Re), que establece una depreciación mínima de 5% anual (es decir que se reconoce una vida útil de 20 años) y una depreciación total máxima de 60%.

Cuando la cobertura de Rotura de Máquinas es solicitada para un conjunto de transformadores de la misma marca, se recomienda la aplicación del endoso de "Siniestros en serie", que reduce la indemnización cuando se producen fallas por igual causa a distintos transformadores, toda vez que el asegurado no haya tomado medidas para rectificar la falla detectada.

### **Cortocircuito en Bobinado de un Transformador**

La fotografía muestra un cortocircuito entre distintas bobinas del bobinado primario de un transformador.

Para evitar los cortocircuitos, los conductores de cobre están revestidos en papel y sumergidos en aceite dieléctrico, sin embargo el deterioro del papel aislante es la causa más frecuente de daños por cortocircuitos, que eventualmente pueden derivar en un incendio o explosión.



## Inspección de estado en transformadores

El estado de la aislación de un transformador puede ser determinado a partir del análisis fisicoquímico, cromatográfico y análisis de furfuraldehidos del aceite dieléctrico.



**Leza, Escriña  
& Asociados S.A.**

*Consultores en Ingeniería  
de Riesgos y Valuaciones*

Zavalía 2125  
Buenos Aires  
Argentina

[www.lea.com.ar](http://www.lea.com.ar)

[info@lea.com.ar](mailto:info@lea.com.ar)  
tel: 54.11.4786.7000  
fax: 54.11.5279.1048

Ingeniería e  
inspección de riesgos

Programas  
de prevención

Valuaciones

Ajustes y peritajes

Riesgos del trabajo

Control de daños  
en automóviles

- 
- **Análisis fisicoquímico:** Evalúa entre otros aspectos la capacidad aislante, contenido de humedad (contenido de agua en la celulosa del papel aislante), presencia de, calidad del aceite y color (envejecimiento).
  - **Análisis cromatográfico:** es la herramienta más importante para la determinación del estado de los transformadores, ya que frecuentemente es la primera indicación de un mal funcionamiento que puede eventualmente producir una falla. Mediante el análisis de cromatográfico de gases disueltos es posible conocer con cierto grado de confianza los incrementos de temperatura que puedan producirse en el interior del equipo.
  - **Análisis de furfuraldehidos:** proporciona, en concordancia con el análisis de gases disueltos, el estado de envejecimiento del papel, que es un proceso totalmente irreversible y que señala cual es el posible porcentaje de vida remanente.