

# Pruebas de diagnóstico en transformadores de medida

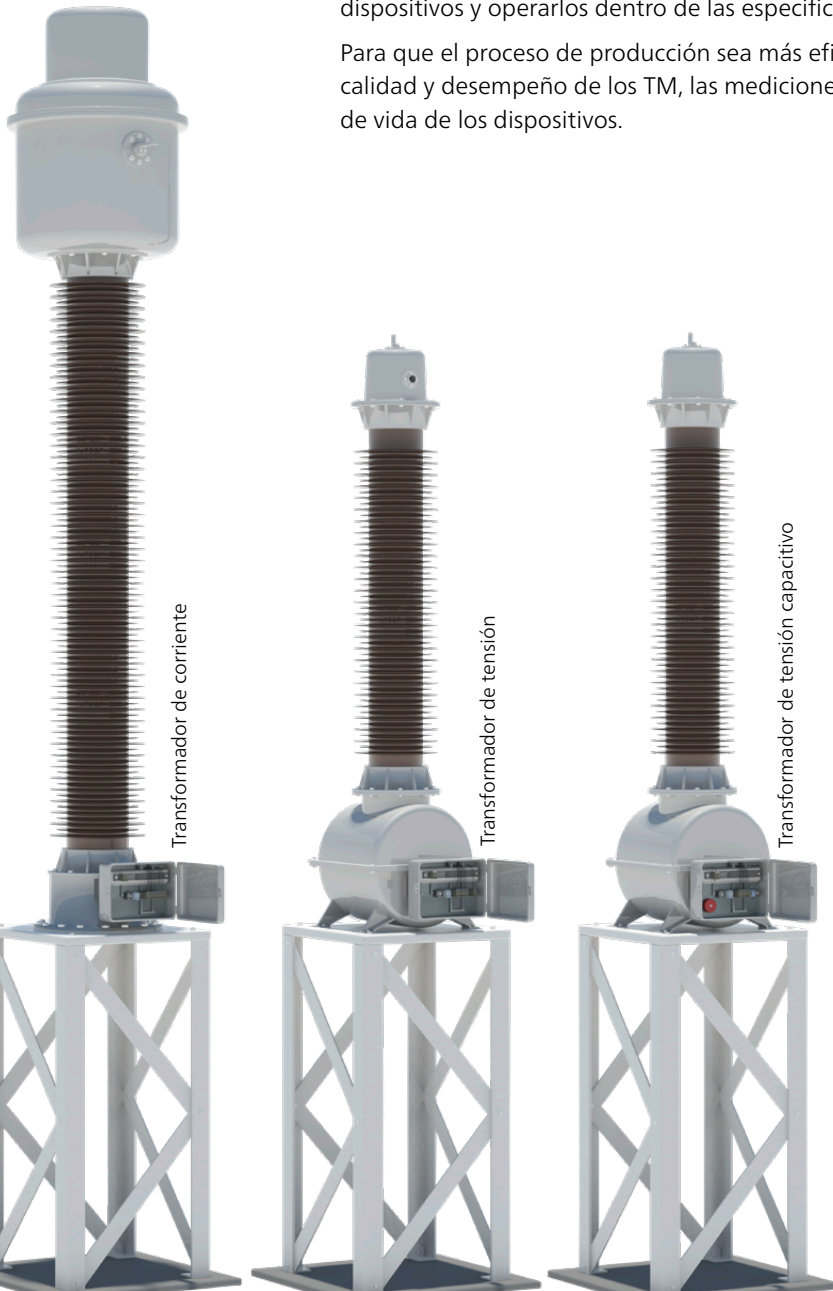


# Garantizar una alta calidad y eficiencia durante todo el ciclo de vida

Actuando como enlace entre el sistema primario y el secundario, los transformadores de medida (TM) son esenciales para un suministro de energía confiable y seguro.

Las pruebas de TM son de gran importancia ya que sirven para garantizar una alta calidad en el proceso de producción, instalar con precisión y poner en servicio los dispositivos y operarlos dentro de las especificaciones.

Para que el proceso de producción sea más eficaz y para garantizar una buena calidad y desempeño de los TM, las mediciones deben realizarse durante todo el ciclo de vida de los dispositivos.



## Fuentes típicas de fallas de TM

- > **Defectos de diseño**  
Relacionados con la relación, núcleo magnético, aislamiento
- > **Defectos de fabricación**  
Circuitos abiertos, cortocircuitos, fallas de aislamiento
- > **Funcionamiento fuera de especificaciones**  
Sobrecarga/subcarga, corrientes/tensiones incorrectas
- > **Influencias eléctricas**  
Picos de conmutación, rayos, sobretensiones, corrientes de cortocircuito
- > **Envejecimiento/corrosión**  
Humedad, ácidos, oxígeno, contaminación, fugas

Fabricación

Pruebas de  
aceptación en  
fábrica

Trans

de sus transformadores de medida

## Pruebas y medidas correctivas

- > **Durante el proceso de producción**  
Determinar el estado exacto y los datos de desempeño en las etapas definidas en el proceso de producción, con el fin de evitar el procesamiento de dispositivos inexactos o defectuosos y aumentar así la eficiencia del proceso de producción
- > **Después de la fabricación**  
Conocer el desempeño real de un TM de acuerdo con las normas y proporcionar pruebas de huellas digitales útiles para su posterior comparación
- > **Después del transporte**  
Realizar pruebas después del transporte para asegurarse de que el transporte no causó fallas mecánicas en el TM y que sigue funcionando de acuerdo a las especificaciones
- > **Durante la instalación y la puesta en servicio**  
Garantizar que el TM está instalado correctamente y funciona de acuerdo con las especificaciones en su entorno operativo
- > **Mantenimiento periódico**  
Conocer el estado del TM para evitar averías, interrupciones de servicio y prolongados cortes de suministro

Vida útil del transformador de medida



porte

Instalación y  
Puesta en servicio

Funcionamiento

# Componentes del transformador de medida y fallas detectables



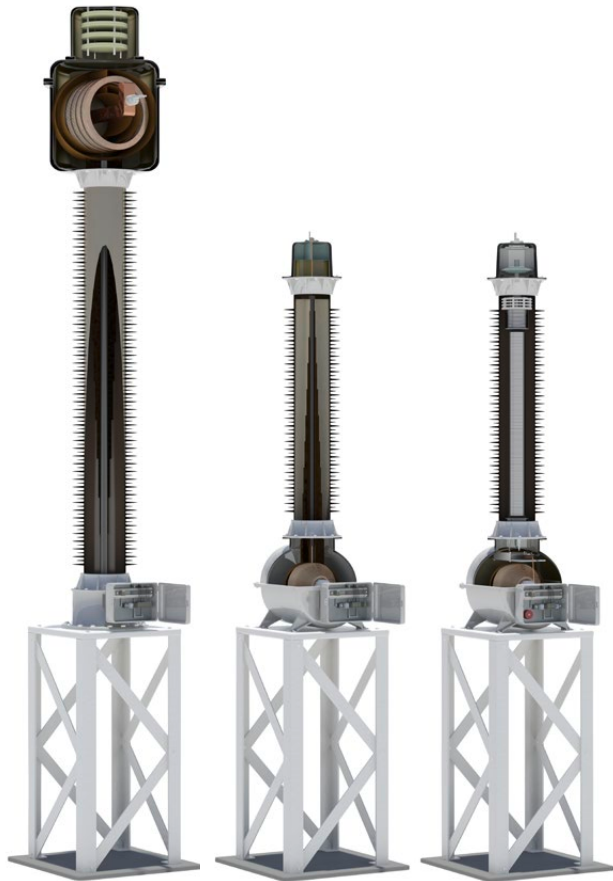
Componente	Fallas detectables
Aislamiento	Descargas parciales
	Humedad en el aislamiento de papel
	Envejecimiento, humedad, contaminación de los fluidos de aislamiento
	Defectos en las capas capacitivas de la compensación de potencial
Devanados	Cortocircuitos (cortocircuitos entre espiras)
	Circuitos abiertos
	Problemas de contacto
Núcleo	Deformación mecánica
	Conexión a tierra del núcleo flotante
	Estructuras de sujeción flojas
	Cortocircuitos magnéticos
Premagnetización / magnetismo residual	
Divisor de tensión capacitivo	Rotura parcial de capas capacitivas individuales
Reactancia de compensación (solo CVT)	Espiras cortocircuitadas
Circuito electromagnético	Exactitud (error de relación y desplazamiento de fase)
	Error de relación (error compuesto)
	Polaridad
	Verificación de las marcas
Carga	Valores nominales incorrectos
	Conexión defectuosa entre el TM y el medidor / relé

■<sup>1</sup>: Las fallas provocan cambios en la exactitud del TM

■<sup>2</sup>: A menudo estas fallas no pueden identificarse claramente, pero las comparaciones con datos anteriores ayudan a encontrar las fallas.

Métodos de medición posibles													
							■		■				
								■	■				
								■	■	■			
									■	■			
	■ <sup>1</sup>	■		■ <sup>2</sup>	■								■
	■ <sup>1</sup>	■		■ <sup>2</sup>	■								■
	■ <sup>1</sup>	■			■								■
	■ <sup>1</sup>			■ <sup>2</sup>									
	■ <sup>1</sup>			■ <sup>2</sup>									
	■ <sup>1</sup>			■ <sup>2</sup>									
	■	■											■
											■		
	■ <sup>1</sup>	■							■				■
	■ <sup>1</sup>												
	■												
	■	■								■			■
	■	■	■										■
	■	■								■		■	■
						■						■	
			■			■							
Exactitud (error de relación y desplazamiento de fase)													
Relación / error de relación													
Polaridad													
Características de excitación													
Resistencia del devanado													
Carga													
Análisis de descargas parciales													
Análisis de respuesta en frecuencia dieléctrica													
Prueba del factor de potencia / factor de disipación													
Resistencia del aislamiento													
Factor límite de exactitud (ALF) y tensión de terminal													
Magnetismo residual													
Parámetros del TC transitorio													
Relación en banda ancha y exactitud de fase													

# La solución de pruebas idónea para sus necesidades y aplicaciones in



	CT ANALYZER	VOTANO 100
<b>Exactitud (error de relación y desplazamiento de fase)</b>	■	■
<b>Relación / Error de relación</b>	■ <sup>1</sup>	■ <sup>1</sup>
<b>Polaridad</b>	■	■
<b>Características de excitación</b>	■	■
<b>Resistencia del devanado</b>	■	■
<b>Carga</b>	■	■
<b>Análisis de descargas parciales</b>		
<b>Análisis de respuesta en frecuencia dieléctrica</b>		
<b>Capacitancia y factor de potencia/factor de disipación:</b> a 50 Hz o 60 Hz con frecuencia variable		
<b>Resistencia del aislamiento</b>		
<b>Factor límite de exactitud y tensión de terminal</b>	■	
<b>Magnetismo residual</b>	■	
<b>Parámetros del TC transitorio</b>	■	
<b>Relación de banda ancha y exactitud de fase</b>		

- <sup>1</sup> Puede medir la relación de TC y TT
- <sup>2</sup> El CPC 200 puede probar la relación de los TC y TT; las pruebas con amplitudes más altas requieren el HVX10
- <sup>3</sup> Solo es posible para los TC
- <sup>4</sup> Se requiere el accesorio adicional HVX10
- <sup>5</sup> Con exactitud limitada
- <sup>6</sup> Son necesarios una fuente de alimentación y un condensador estándar
- <sup>7</sup> Con 200 V<sub>pico</sub>

Equipo de prueba ligero de alta precisión para las pruebas y calibración de transformadores de corriente



Dispositivo de alta exactitud y móvil para pruebas y calibración de transformadores de tensión





# Métodos de pruebas eléctricas en transformadores de medida

## Pruebas eléctricas directas

En el lado primario (AT) de los TM se inyectan las señales (tensión/corriente) y en el lado secundario (BT) se mide el valor correspondiente. Los parámetros determinados son relación, exactitud, polaridad, etc.

Durante las pruebas de exactitud, hay que conectar diferentes cargas de prueba al TM para considerar su influencia en su comportamiento. El método puede aplicarse tanto a los TM convencionales como a los no convencionales.

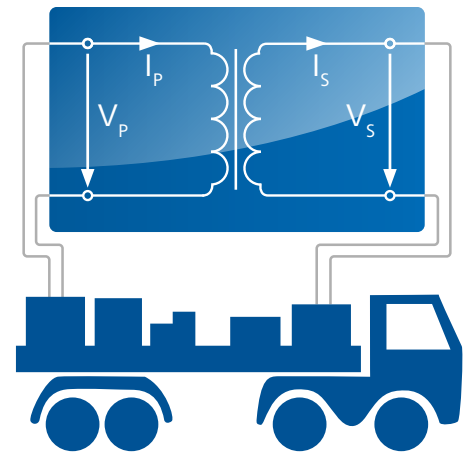
Es obligatoria una prueba con este método a las tensiones / corrientes nominales para cada TM como parte de las pruebas de rutina.

## Inyección nominal primaria

Se utilizan señales de prueba con valores nominales (tensión/corriente). Durante la prueba, se conecta al TM la carga funcional.

Este método se utiliza en los laboratorios de calibración, y a veces en campo, montado en grandes camiones de prueba que proporcionan alta exactitud.

Por lo general, los sistemas de prueba son voluminosos, pesados y, por lo tanto, no son óptimamente adecuados para pruebas en campo, ya que su manejo da lugar a mucho esfuerzo y altos costos.



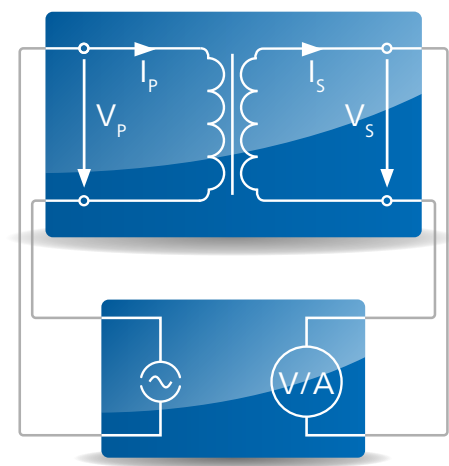
Inyección nominal primaria

## Inyección primaria

Se utilizan señales de prueba primarias (tensión/corriente) (no necesariamente valores nominales). Solo puede utilizarse para una comprobación funcional de los TM convencionales, pero no para la calibración o verificación de clase (no linealidad de los TM).

Para las pruebas de transformadores de medida no convencionales (NCIT), pueden ser adecuadas las señales de prueba de valor más bajo basadas en la declaración de linealidad del fabricante.

Por lo general, los sistemas de prueba son portátiles, pero su exactitud es a menudo limitada. Por lo tanto, este método es adecuado para pruebas de puesta en servicio en campo.



Inyección primaria

## Pruebas eléctricas indirectas

Con este método, se prueba un TM desde el lado secundario con señales de prueba que difieren de los valores primarios. El método es aplicable a los TM convencionales (TC, TT, CVT).

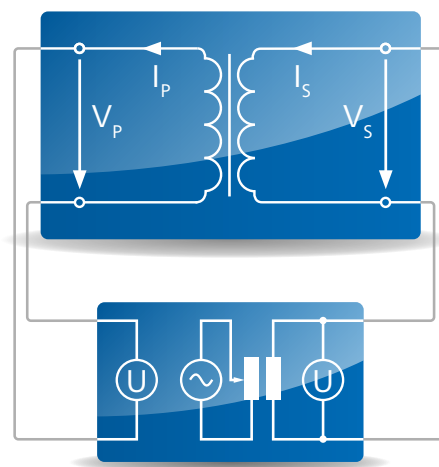
### Inyección de tensión secundaria

Un método de prueba exclusivo para TC donde se inyecta una tensión a través del lado secundario. La tensión de prueba es equivalente a la tensión del terminal operativo a la carga nominal.

La curva de excitación medida cumple las normas internacionales.

Se puede determinar el error compuesto aplicando una tensión de acuerdo con el estado operativo individual del TC, midiendo la corriente de excitación correspondiente y calculando el error en consecuencia.

La gran ventaja de este método es que puede utilizarse en campo un equipo de prueba pequeño, ligero, en lugar de los voluminosos equipos de inyección primaria.



Inyección de tensión secundaria

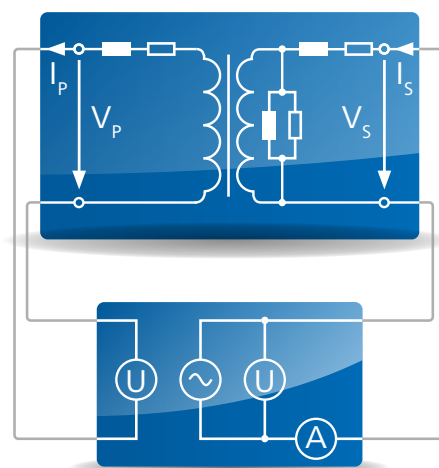
### Pruebas basadas en modelos

Las señales de prueba de bajo valor utilizadas permiten el diseño de equipos de prueba pequeños, ligeros y seguros.

Con este método, los TM se modelan utilizando sus diagramas de circuitos equivalentes (DCE). Basándose en todos los parámetros de DCE medidos y determinados, se calculan los valores de TI necesarios, tales como exactitud, relación, polaridad.

Este método puede utilizarse para la calibración y el diagnóstico ya que los parámetros del DCE proporcionan información precisa sobre el dispositivo e incluso se facilita el análisis de la causa raíz de una falla.

El método es perfectamente adecuado para aplicaciones en campo y en laboratorio (ligero y preciso).



Pruebas basadas en modelos

# Exactitud (según las normas IEC/IEEE)

## ¿Qué puede someterse a prueba?

- Aislamiento
- ✓ Devanados
- Núcleo
- Divisor de tensión capacitivo
- Reactor de compensación
- ✓ Circuito electromagnético entero
- Carga
- Calidad de la potencia

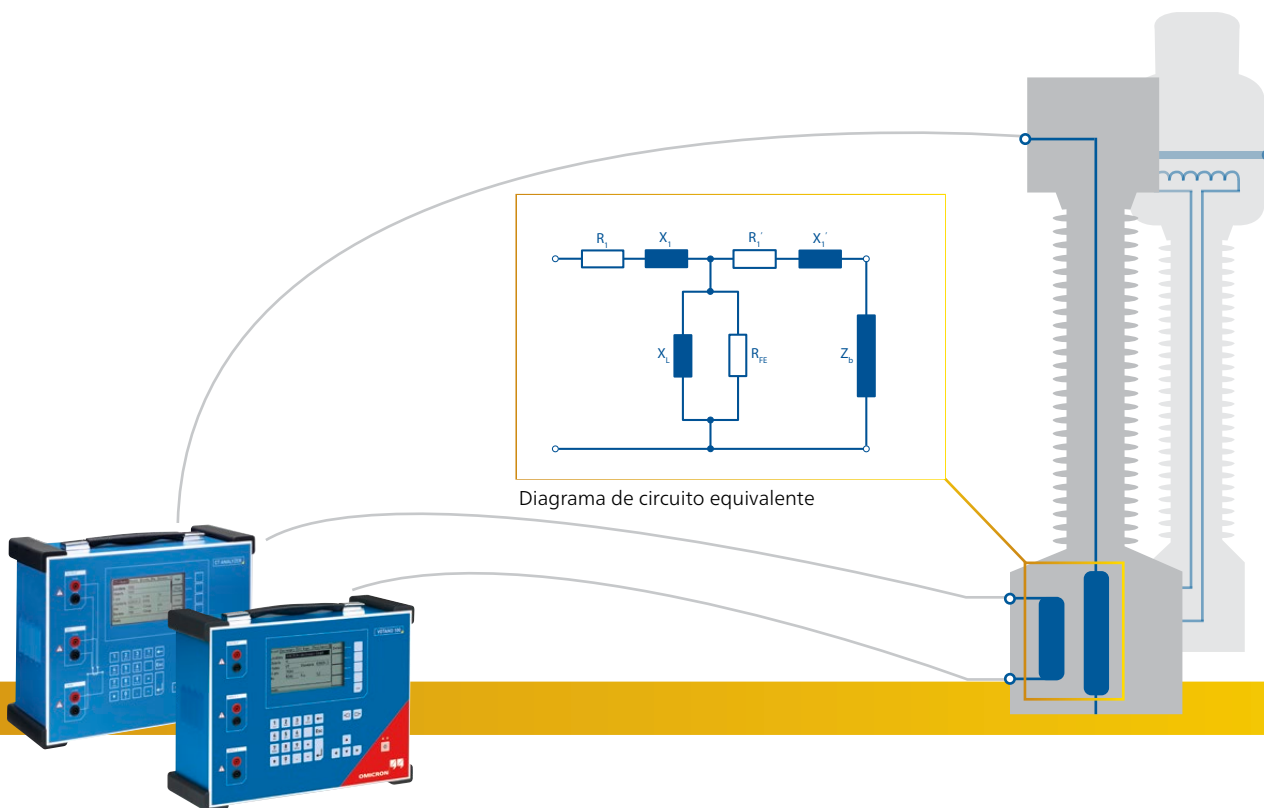
## ¿Por qué medir?

La medición ayuda a garantizar un suministro de energía seguro, estable y económico mediante la evaluación de la integridad de un TM. Con el desempeño preciso del TM en prueba, el operador puede obtener una imagen exacta de las tensiones y corrientes del sistema.

Los transformadores inductivos de corriente y tensión (TC y TT) y los transformadores capacitivos de tensión (CVT) pueden desarrollar desviaciones de relación y de fase. Una operación del TM que utilice cargas, corrientes o tensiones diferentes puede cambiar el error de relación y el desplazamiento de fase, lo que afectará a una operación según la exactitud especificada. Además, a menudo no se detectan las espiras cortocircuitadas de los transformadores de corriente y las capas capacitivas cortocircuitadas en el paquete de condensadores de un CVT. Esto puede provocar errores de lectura, pérdida de ingresos y, en algunos casos, una ruptura completa. Pueden realizarse mediciones de exactitud durante el proceso de producción, en los laboratorios de pruebas o en campo.

## ¿Cómo funciona?

La exactitud del transformador (relación y fase) se determina con un método basado en modelos. El método realiza un modelo de un TM mediante su diagrama del circuito equivalente utilizando algoritmos matemáticos incorporados. Todos los parámetros de los circuitos se determinan con mediciones en campo guiadas por software en las que solo se utilizan tensiones bajas. Posteriormente, se calcula la exactitud del transformador basándose en los parámetros medidos y el estado de carga.



## Es bueno saber que...

Solo el método basado en modelos tiene en cuenta y simula la influencia de diferentes cargas y rangos operativos en la exactitud del transformador.

La medición de la exactitud también puede realizarse utilizando el método de inyección primaria con carga conectada. Otros métodos de prueba convencionales utilizan altas corrientes y altas tensiones.

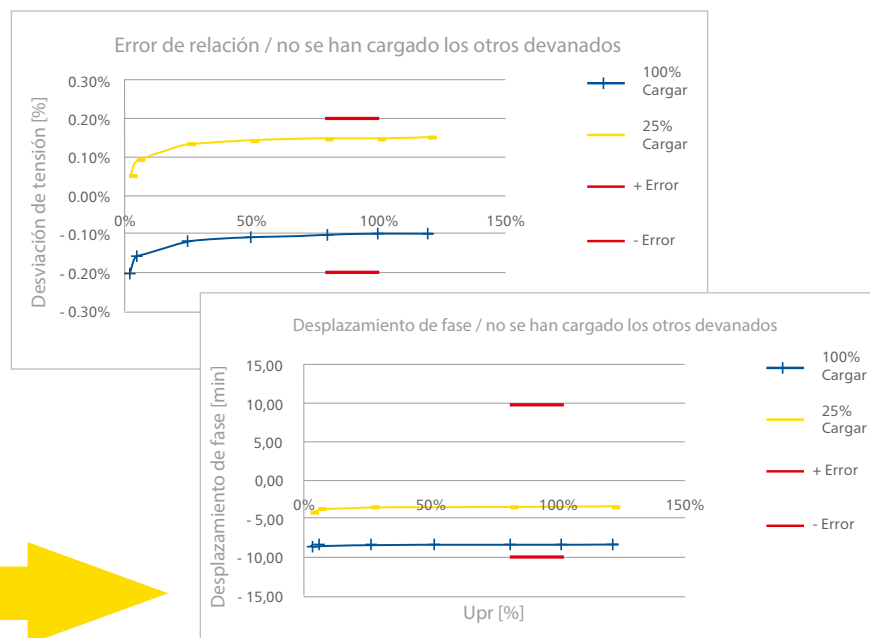
Las mediciones de exactitud basadas en modelos también se pueden utilizar para diagnósticos adicionales, especialmente en CVT. Además del error de relación y el desplazamiento de fase, los parámetros del circuito están disponibles después de una medición. La causa raíz de una posible desviación en la exactitud puede determinarse mediante el examen de los parámetros.

Como solo se utilizan tensiones o corrientes bajas para este método, puede utilizarse en el proceso de producción incluso sin el aislamiento principal.

Los usuarios pueden transferir los parámetros de circuito medidos a programas de simulación para simular el sistema incluyendo una representación no lineal correcta de transformadores de corriente y de tensión.

## ¿Por qué utilizar el CT Analyzer / VOTANO 100?

- > Proporciona toda la información relevante para las pruebas móviles y la calibración de los transformadores de protección y de medida
- > Mediciones rápidas sin dispositivos de referencia y equipo de poco peso
- > Posibilidad de simulación de los diferentes modos de funcionamiento tras las mediciones
- > Evaluación automatizada de los resultados con valores definidos en las normas IEEE, ANSI o IEC seleccionadas



Error de relación y desplazamiento de fase de un TM

# Relación / Error de relación

## ¿Qué puede someterse a prueba?

- Aislamiento
- ✓ Devanados
- Núcleo
- ✓ Divisor de tensión capacitivo
- Reactor de compensación
- ✓ Circuito electromagnético entero
- Carga
- Calidad de la potencia

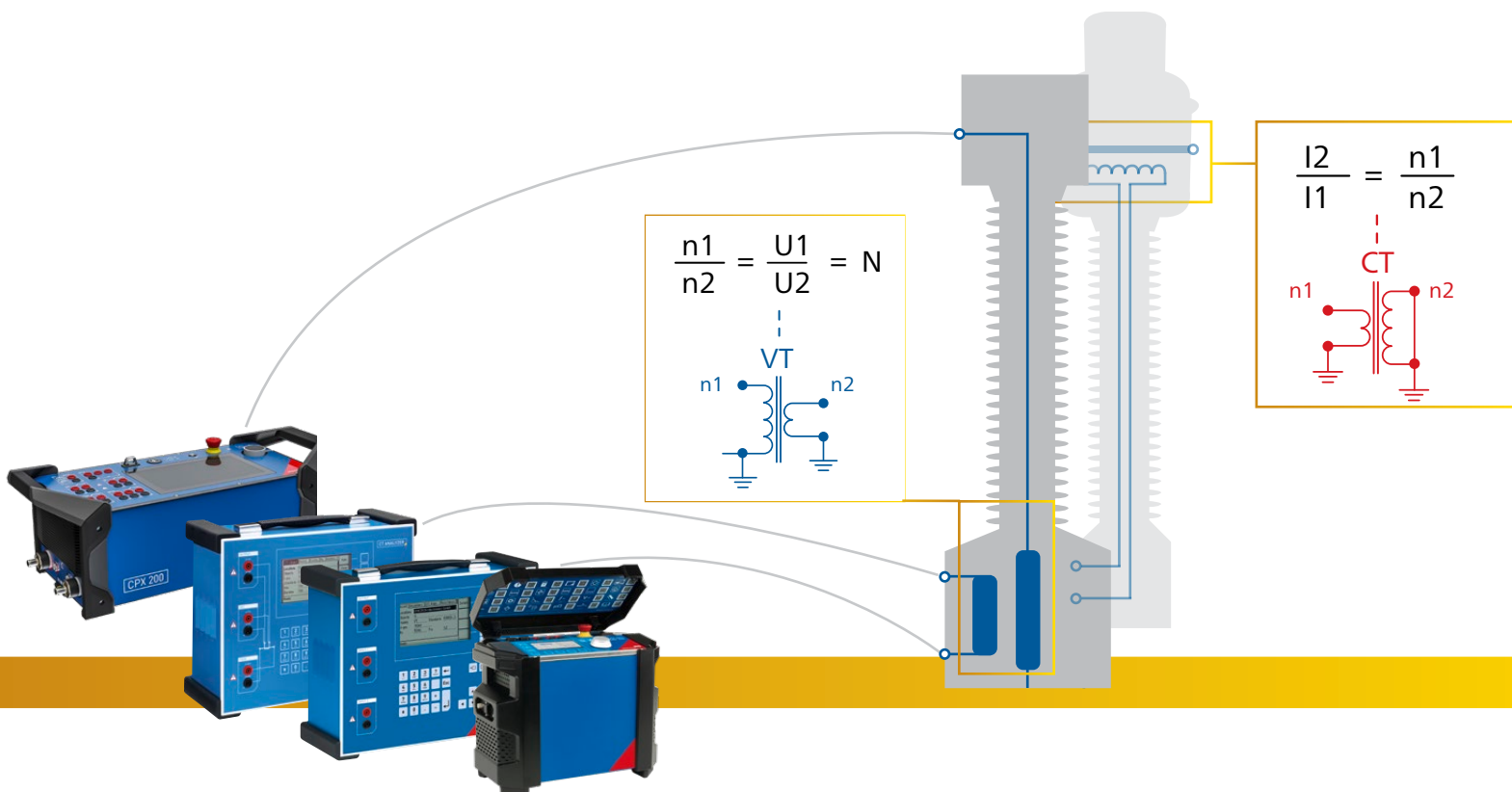
## ¿Por qué medir?

La relación o el error de relación se miden como una prueba funcional del desempeño de los TM durante la fabricación, la aceptación en fábrica, como parte de las pruebas de puesta en servicio o como una prueba del desempeño después de una interrupción. La relación medida de los TM se compara con las especificaciones de diseño y de la placa de características y con los resultados de mediciones anteriores. Se puede calcular el error para cada punto de prueba. Las desviaciones de las especificaciones pueden indicar fallas internas (por ejemplo, circuitos abiertos o cortocircuitos) o fallas durante la producción. Los errores de relación pueden provocar un funcionamiento incorrecto de la protección y una interpretación falsa de la tensión/corriente del sistema.

## ¿Cómo funciona?

El dispositivo en prueba es un TC o TT con o sin carga conectada. Cuando no hay carga conectada al TM, el lado secundario del TC debe estar cortocircuitado y el lado secundario del TT debe estar abierto. La señal de prueba se aplica al lado primario o secundario. La medición se realiza en el otro lado del TM.

También se puede medir la relación de transformación, el error de relación o el error compuesto con el método de tensión en el que la señal se aplica al lado secundario. Se miden la tensión secundaria, la corriente de excitación y la tensión inducida en el lado primario.



## Es bueno saber que...

Una comprobación de la relación es solo una prueba funcional que generalmente no es comparable a las pruebas de exactitud según las normas IEC / IEEE.

Para los TT capacitivos es aconsejable realizar pruebas independientes de la relación capacitiva y la relación del TT inductivo intermedio. Esto sirve para distinguir entre una falla en el divisor capacitivo y en el circuito electromagnético.

Si los resultados de las mediciones no permiten una interpretación clara, debe realizarse un examen adicional de los TM con un método basado en modelos.

La relación del TC también se puede determinar a través de la inyección secundaria. Para obtener unos resultados muy exactos de la relación de transformación, hay que tener en cuenta la caída de tensión a través de la resistencia del devanado secundario.

Una medición de fase muy exacta permite incluso la detección de cortocircuitos magnéticos (una ventaja durante el proceso de fabricación).

## ¿Por qué utilizar el CT Analyzer?

- > Posibilidad de medición de la relación y de la exactitud completa
- > Cálculo de parámetros de la placa de características cuando no se conocen los valores
- > Las bajas tensiones de prueba garantizan mediciones seguras
- > Mediciones de alta exactitud (0,05%)

## ¿Por qué utilizar el VOTANO 100?

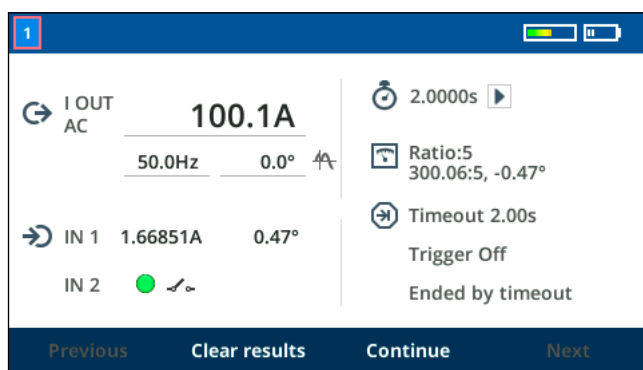
- > Posibilidad de medición de la relación y de la exactitud completa
- > Permite la medición independiente de la relación de CVT capacitivo e inductivo
- > Medición de alta exactitud (0,05 % - 0,2 %)

## ¿Por qué utilizar el CPX 200?

- > Medición de alta exactitud (0,1 %) con hasta 1 kA CA y 10 kV CA
- > Compatibilidad trifásica para pruebas de TC con CPXpert
- > El único dispositivo de prueba tanto para inyección primaria (método directo) como para inyección secundaria (método indirecto)

## ¿Por qué utilizar el COMPANO 100?

- > Combina comprobaciones de la relación de TC/TT con comprobaciones de la continuidad de circuitos, de polaridad y mediciones de carga



Resultado de medición de la relación del TC

# Polaridad

## ¿Qué puede someterse a prueba?

- Aislamiento
- ✓ Devanados
- Núcleo
- Divisor de tensión capacitivo
- Reactor de compensación
- ✓ Circuito electromagnético entero
- Carga
- Calidad de la potencia

## ¿Por qué medir?

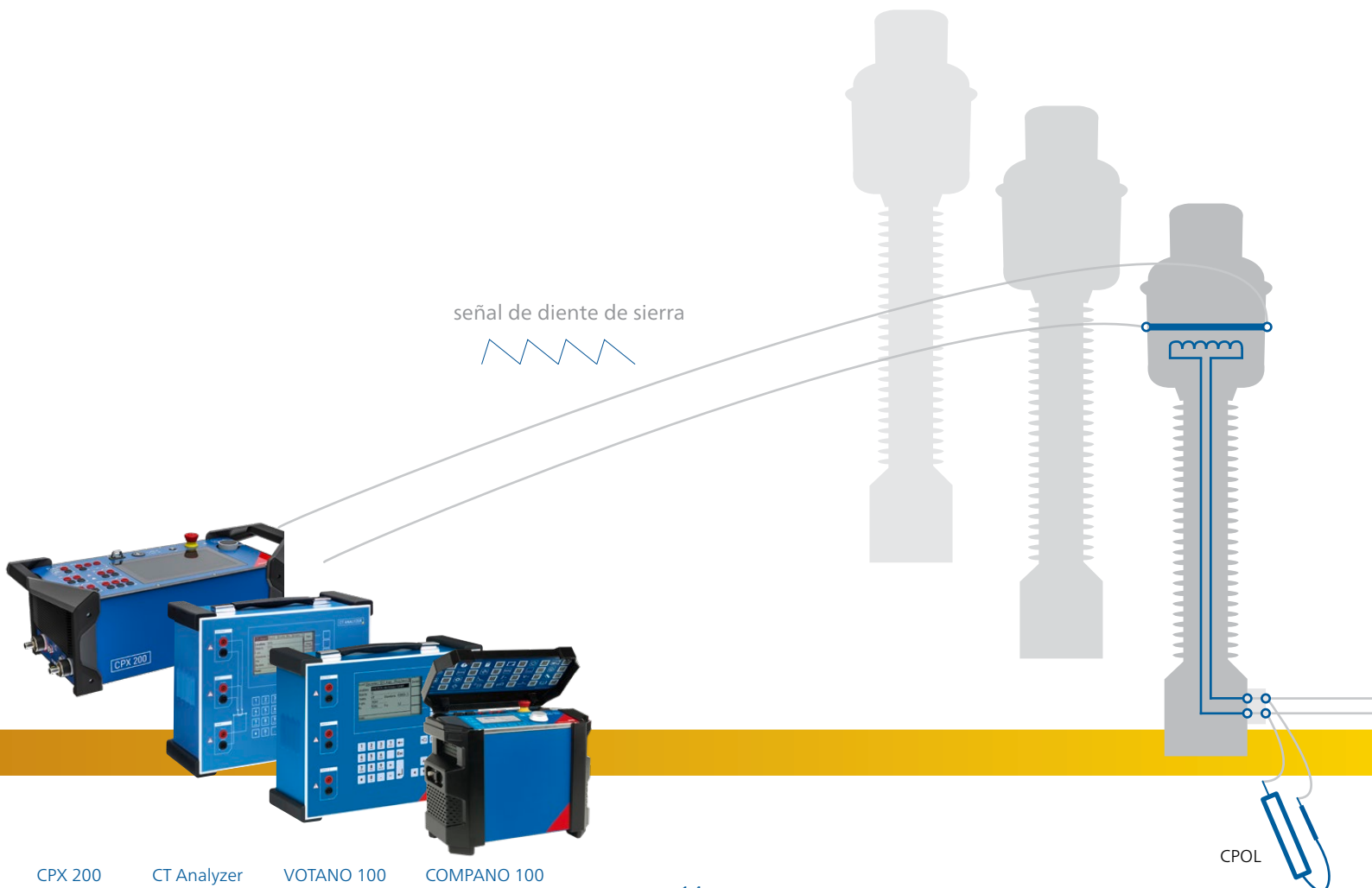
Una comprobación de la polaridad garantiza que es correcta la polaridad entre los devanados primario y secundario de un transformador de instrument y, por tanto, la dirección del flujo de energía. Evita todo funcionamiento incorrecto de los dispositivos de protección conectados. La protección de distancia selectiva solo puede garantizarse cuando la polaridad es correcta. Con estas pruebas también se garantiza que los dispositivos secundarios se conecten correctamente al TM y con la polaridad correcta.

## ¿Cómo funciona?

Existen dos métodos diferentes:

Con el primer método, se inyecta una señal de diente de sierra en el sistema. Esta señal puede ser una señal de tensión o de corriente. El comprobador de polaridad (CPOL) prueba la polaridad de la señal inyectada en el circuito y proporciona una clara indicación de si la polaridad es correcta o no. Pueden comprobarse los TM o los cables conectados.

El segundo método aplica una tensión sinusoidal al TM, mide la señal en el otro lado y compara los vectores de tensión/corriente del lado primario y secundario.



## Es bueno saber que...

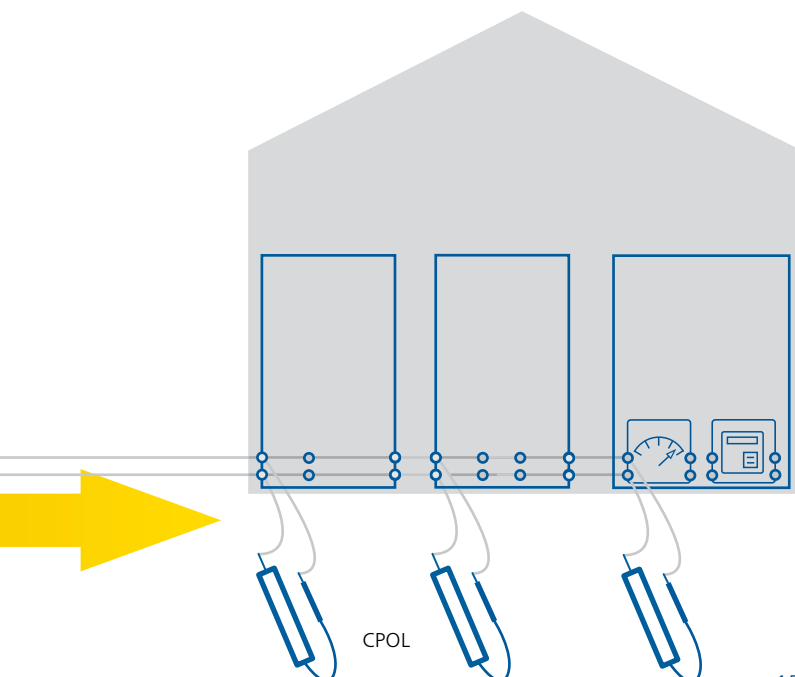
Las comprobaciones de polaridad deben realizarse como parte de las pruebas de puesta en servicio para garantizar un funcionamiento adecuado y las conexiones de los TM recién instalados.

Con los TC de equipos de potencia, la comprobación asegura que los TC estén conectados e instalados correctamente.

En el pasado, la polaridad se comprobaba a menudo con las baterías y los multímetros convencionales. El resultado era que se podía ver la saturación del núcleo y el subsiguiente defecto de funcionamiento de la protección. Esto no ocurre cuando se utiliza una señal de diente de sierra o de CA.

Si hay algún cortocircuito en la conexión de un TT este provocará una falla del TT, porque un TT no debe ponerse en funcionamiento en condiciones de cortocircuito.

Si hay algún circuito abierto en la conexión de un TC este provocará una falla del TC, porque un TC no debe ponerse en funcionamiento con circuitos abiertos.



## ¿Por qué usar CT Analyzer?

- > Determina la polaridad del TC con una comparación de los vectores de tensión sinusoidales
- > También determina otros parámetros importantes tales como la relación y el desplazamiento de fase
- > Utiliza una señal de prueba asimétrica libre de CC junto con el CPOL

## ¿Por qué utilizar VOTANO 100?

- > Comprueba la polaridad de los TT sin CPOL usando una tensión sinusoidal
- > Mide simultáneamente la relación y la polaridad
- > Equipo de prueba exclusivo para TT

## ¿Por qué utilizar el CPX 200?

- > Comprueba la polaridad de toda la cadena del proceso incluyendo los TC, TT, cables de conexión y ajustes de dirección de los relés
- > Mide simultáneamente la relación y la polaridad
- > Utiliza una señal de prueba asimétrica libre de CC junto con el CPOL

## ¿Por qué utilizar el COMPANO 100?

- > Comprueba la polaridad de toda la cadena del proceso incluyendo los TC, TT, cables de conexión y ajustes de dirección de los relés
- > Utiliza una señal de prueba asimétrica libre de CC junto con el CPOL

# Características de excitación

## ¿Qué puede someterse a prueba?

- Aislamiento
- ✓ Devanados
- ✓ Núcleo
- Divisor de tensión capacitivo
- Reactor de compensación
- ✓ Circuito electromagnético entero
- Carga
- Calidad de la potencia

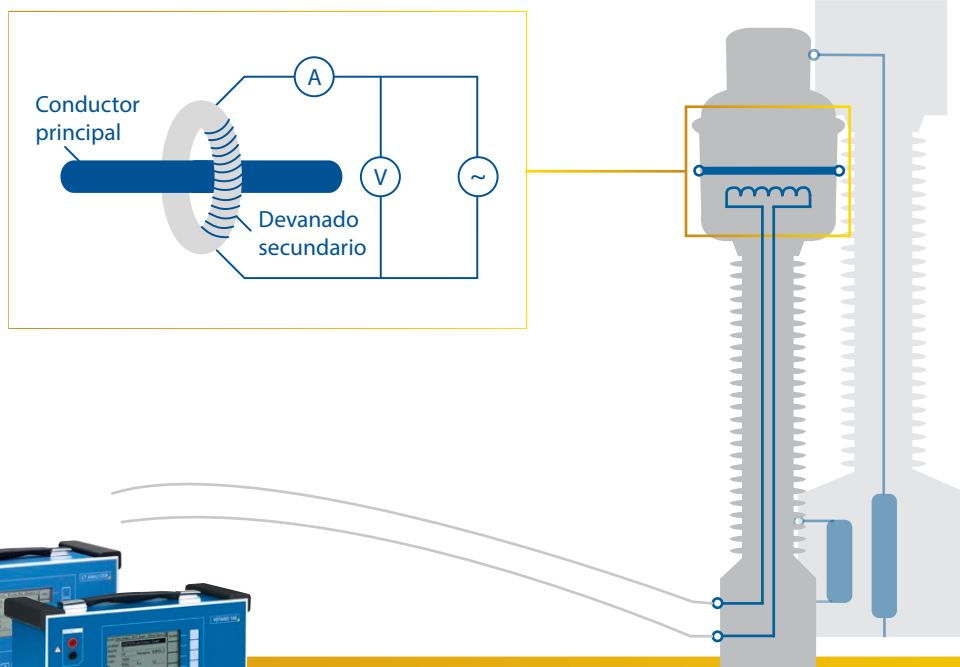
## ¿Por qué medir?

La corriente de excitación es responsable del error del TM y define el desempeño del TM. La tensión de codo es importante para el correcto funcionamiento del dispositivo de protección conectado. Para los TC de medida, se puede utilizar la curva de excitación para analizar el factor de seguridad (FS) del instrumento. Pueden especificarse los TC de protección según las normas IEC e IEEE teniendo en cuenta las características de excitación. La curva de excitación de los TT puede utilizarse para un análisis de ferorresonancias, para simulación de red y ofrece una indicación de espiras cortocircuitadas y fallas de núcleo.

## ¿Cómo funciona?

Las mediciones de excitación se realizan "indirectamente" desde el lado secundario del TM. Se aplica una tensión en el lado secundario y se mide la corriente de excitación. La prueba se realiza a la frecuencia nominal o con frecuencia variable para disminuir el tiempo de la prueba y para poder medir tensiones de codo de hasta varios kV con bajas tensiones aplicadas.

A continuación se calculan las tensiones de codo para los TC basándose en las especificaciones de las normas IEC e IEEE.



CPX 200    CT Analyzer    VOTANO 100

## Es bueno saber que...

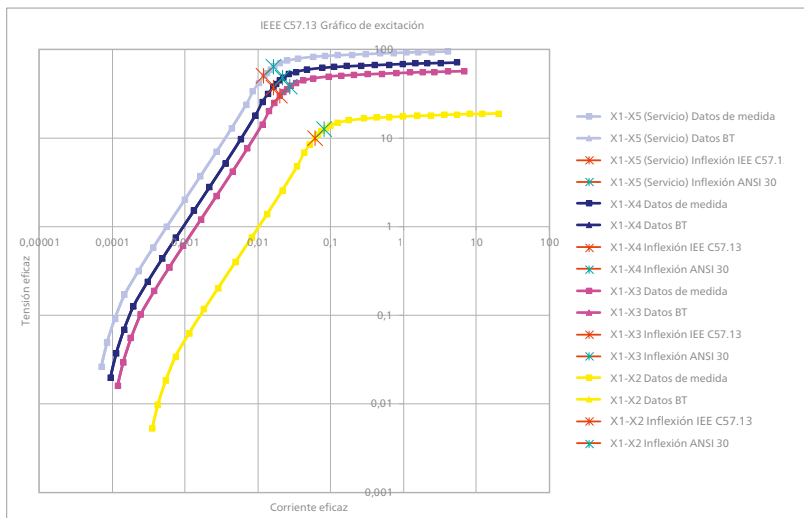
Todos los métodos de prueba posibles conducen a una información similar, incluso con metodologías de prueba diferentes.

El método de frecuencia variable tiene una gran ventaja, ya que pueden usarse tensiones de prueba más bajas, puede reducirse el tiempo de prueba y pueden probarse TC con tensiones de codo comparativamente altas, hasta 40 kV.

Es muy importante desmagnetizar el TM antes y después de la prueba para asegurarse de que ningún magnetismo residual afecte a su desempeño.

## ¿Por qué utilizar el CT Analyzer / VOTANO 100 o CPX 200?

- > Prueba de excitación con señales bajas y seguras
- > Integración de la medición de excitación en el flujo de trabajo completo de la medición del TC/TT
- > Con el método de frecuencia variable se pueden medir altas tensiones de codo de TC de hasta 40 kV
- > Excelente inmunidad al ruido frente a perturbaciones de líneas eléctricas energizadas cercanas
- > Comparación de fase a fase para un análisis detallado



Curvas de excitación de un transformador de corriente de relación múltiple

# Resistencia de devanado

## ¿Qué puede someterse a prueba?

- Aislamiento
- ✓ Devanados
- Núcleo
- Divisor de tensión capacitivo
- Reactor de compensación
- Circuito electromagnético entero
- Carga
- Calidad de la potencia

## ¿Por qué medir?

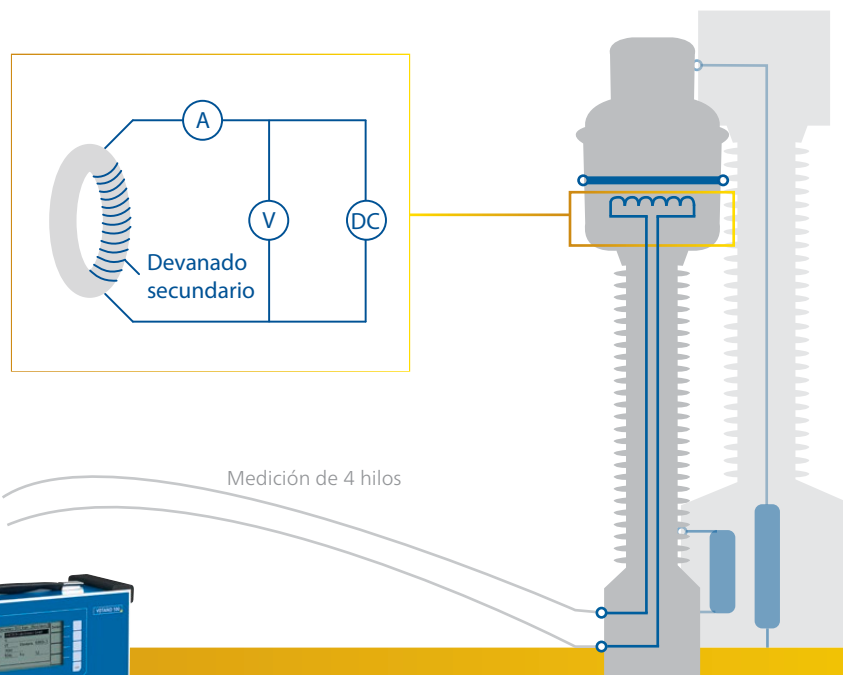
La medición se realiza para encontrar los posibles daños eléctricos en devanados o problemas de contactos. El nivel de inducción de los TC depende de la resistencia del devanado secundario. La caída de tensión a través de la resistencia del devanado secundario, junto con la carga, define la inducción. Si la resistencia del devanado secundario no está de acuerdo con la especificación debido a problemas de fabricación o de conexión o debido a aspectos operativos, puede que la inducción sea demasiado alta, lo que causa sobrecalentamiento o restricciones de funcionamiento.

La exactitud y el factor límite de exactitud (ALF) del TC dependen de la resistencia del devanado secundario. Cuanto mayor sea la resistencia del devanado, menor será el ALF. Las espiras cortocircuitadas cambian la resistencia del devanado y ponen en peligro el funcionamiento del TM (generalmente en TT). Los circuitos abiertos en los devanados secundarios del TC son peligrosos y pueden causar altas tensiones o sobrecalentamiento y la subsiguiente falla del TC.

## ¿Cómo funciona?

Se aplica una corriente o tensión de CC al devanado secundario del TM. Para las verificaciones de integridad, las mediciones de la resistencia del devanado también podrían ser de interés para el devanado primario que se encuentra en los TC con devanado primario.

Tras la saturación del núcleo, se alcanza un valor estable para la corriente medida. A continuación la resistencia del devanado se calcula como relación entre la tensión aplicada y la corriente medida.



CPX 200    CT Analyzer    VOTANO 100

## Es bueno saber que...

La medición ayuda a comprobar la correcta instalación de los TC integrados en activos de mayor tamaño, tales como transformadores de potencia o interruptores de potencia.

En determinadas normas, la resistencia del devanado de un TC es parte de la especificación.

Una medición de CC saturará el núcleo magnético, por tanto es absolutamente necesario desmagnetizar el núcleo después de medir la resistencia del devanado de CC.

Durante la magnetización de CC, nunca se alcanzará un valor de resistencia estable. Por tanto, es necesario definir una determinada desviación permitida  $R_{desv}$ . Si el valor medido se encuentra dentro de la desviación definida durante un tiempo determinado, este valor puede utilizarse para la medición (véase el gráfico siguiente).

## ¿Por qué usar CT Analyzer?

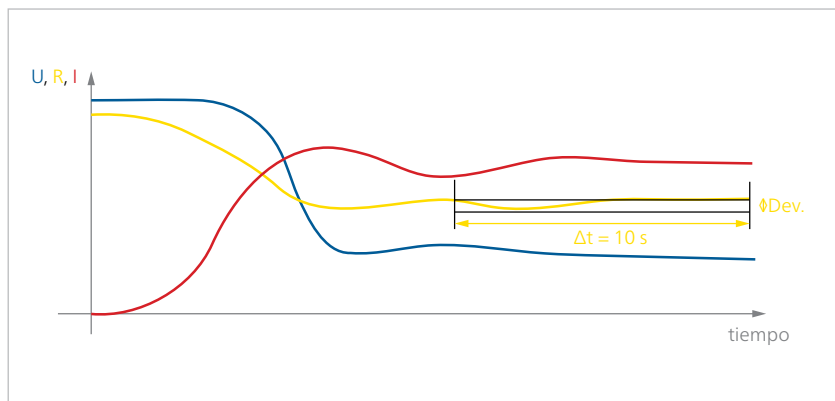
- > La medición se puede integrar en la prueba completa del TC que incluye exactitud, excitación y ALF, etc.
- > Alta exactitud, normalmente del 0,05 % + 1 mΩ con una resolución de 1 mΩ
- > Tras la prueba completa del TC, se desmagnetiza el núcleo del TC

## ¿Por qué utilizar VOTANO 100?

- > Utilizando la conexión externa obligatoria y la caja de conmutación VBO2, la prueba puede realizarse desde una zona segura sin necesidad de cables de prueba largos que influyan en la medición
- > Integrado en el flujo de trabajo de la prueba para TT
- > Tras la prueba completa del TT, se desmagnetiza el núcleo del TT

## ¿Por qué utilizar el CPX 200?

- > Desmagnetización integrada
- > Gran inmunidad frente al ruido externo
- > Alta exactitud de medición (0,05 %)
- > Misma configuración que para pruebas de excitación y relación V, sin necesidad de recableado



Perfil de la resistencia del devanado respecto al tiempo

# Carga

## ¿Qué puede someterse a prueba?

- Aislamiento
- Devanados
- Núcleo
- Divisor de tensión capacitivo
- Reactor de compensación
- Circuito electromagnético entero
- ✓ Carga
- Calidad de la potencia

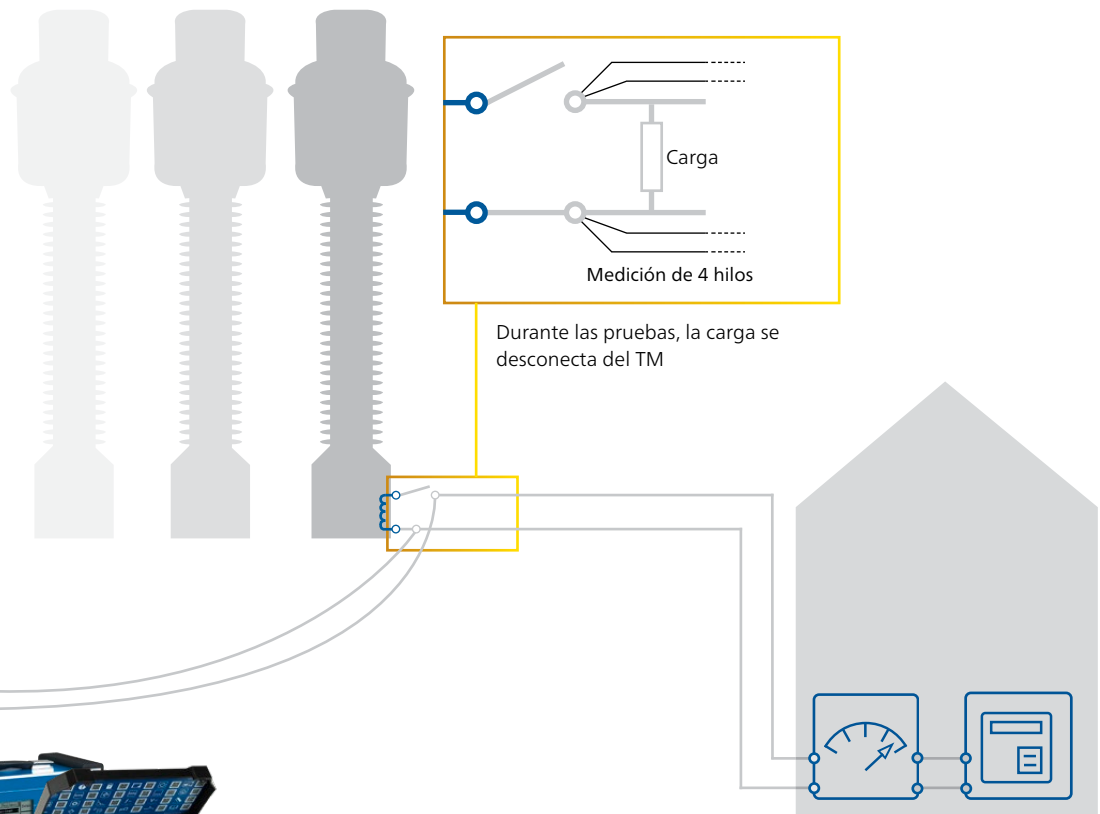
## ¿Por qué medir?

Dado que la carga conectada tiene una fuerte influencia en el desempeño del TM, hay que conocer la carga funcional exacta para el correcto funcionamiento del TM. La medición determina la influencia de cables y conexiones en la impedancia de la carga. Dado que la carga define y/o afecta a la exactitud de los TM, hay que conocer los valores de carga y no debe superarse ni rebajarse la carga especificada.

La medición de la carga también puede indicar conexiones incorrectas o fallas en la conexión, que impiden a un TC el funcionamiento a circuito abierto y a un TT el funcionamiento en cortocircuito.

## ¿Cómo funciona?

La carga se conecta al dispositivo de medición en vez del TM. La carga se mide con una medición compleja de la impedancia (con magnitud y fase). El valor de la carga se muestra en VA y como impedancia. El valor en VA siempre se refiere a la corriente o tensión secundaria nominal.



## Es bueno saber que...

Debido a un punto de operación modificado, la carga puede influir en el ALF de los TC de protección cuando los TC se saturan demasiado pronto. En el caso de los TC de medida, la saturación del núcleo como función de protección para los instrumentos de medición conectados puede verse comprometida cuando se conecta una carga con una polaridad incorrecta o un valor incorrecto.

En relación con los TT, la corriente de carga junto con la corriente de excitación son responsables del error de los TT. Como la influencia de la corriente de excitación es generalmente menor y puede compensarse durante la fabricación, la corriente de carga es dominante. Por tanto, la carga operativa es de interés.

Si la conexión incluye cortocircuitos (TT) o circuitos abiertos (TC), el TM puede resultar destruido.

## ¿Por qué utilizar el CT Analyzer o VOTANO 100?

- > La medición de la carga puede integrarse en el flujo de trabajo de una prueba de TM completa incluidos todos los parámetros pertinentes estándar
- > Es posible recalcular/simular la exactitud del TM para diferentes cargas y corrientes/tensiones primarias
- > Los datos de medición existentes pueden cargarse al dispositivo de medición en cualquier momento

## ¿Por qué utilizar el CPX 200?

- > Admite pruebas de carga para pruebas independientes y combinadas
- > Alta exactitud de medición (0,05%)

## ¿Por qué utilizar el COMPANO 100?

- > Combinación de comprobaciones de cableado con mediciones de carga
- > Ideal para pruebas en campo gracias a su diseño ligero y funcionamiento con batería

Potencia			Error de relación de tensión en % a % de la tensión nominal				
VA	cos Phi	Carga en %	2%	5%	80%	100%	120%
15	0.8	100	0.088%	0.123%	0.177%	0.177%	0.176%
		25	0.033%	0.362%	0.415%	0.417%	0.415%
15	0.8	100	4.825	4.287	3.180	3.186	3.245
		25	2.802	2.263	1.155	1.161	1.220
15	0.8	100	-0.57%	-0.54%	-0.482%	-0.481	-0.483%
		25	-0.33%	-0.30%	-0.246%	-0.245	-0.246%
15	0.8	100	2.320	1.7825	0.678	0.683	0.737
		25	0.302	-0.235	-1.340	-1.335	-1.300

Dependencia de la carga en la exactitud de los TT

Potencia			Error de relación de corriente en % a % de corriente nominal							
VA	cos Phi	Carga en %	1%	5%	10%	20%	50%	100%	120%	200%
15	0.8	100	-0,023	-0,023	-0,021	-0,018	-0,013	-0,010	-0,009	-0,008
		25	-0,023	-0,023	-0,021	-0,018	-0,013	-0,010	-0,009	-0,008
7,5	0.8	100	-0,008	-0,010	-0,010	-0,008	-0,006	-0,004	-0,003	-0,002
		25	-0,008	-0,010	-0,010	-0,008	-0,006	-0,004	-0,003	-0,002
3,75	1	100	0,005	0,001	0,000	-0,001	0,000	0,000	0,001	0,001
		25	0,005	0,001	0,000	-0,001	-0,000	0,000	0,001	0,001
0	1	100	0,007	0,005	0,004	0,003	0,003	0,003	0,004	0,004
		25	0,007	0,005	0,004	0,003	0,003	0,003	0,004	0,004

Dependencia de la carga en la exactitud de los TC

# Análisis de descargas parciales

## ¿Qué puede someterse a prueba?

- ✓ Aislamiento
- Devanados
- Núcleo
- Divisor de tensión capacitivo
- Reactor de compensación
- Circuito electromagnético entero
- Carga
- Calidad de la potencia

## ¿Por qué medir?

Las descargas parciales (DP) pueden dañar el aislamiento de los TM. Las DP pueden tener como causa los vacíos o bolsas de aire en los TM impregnados de resina o los puntos calientes locales, superficies afiladas o entrada de humedad en los TM (independientemente del tipo de aislamiento). También las fallas de diseño pueden conducir a una alta intensidad de campo local y, por tanto, a la actividad de DP. Esto puede producir graves fallas del TM y costosas interrupciones.

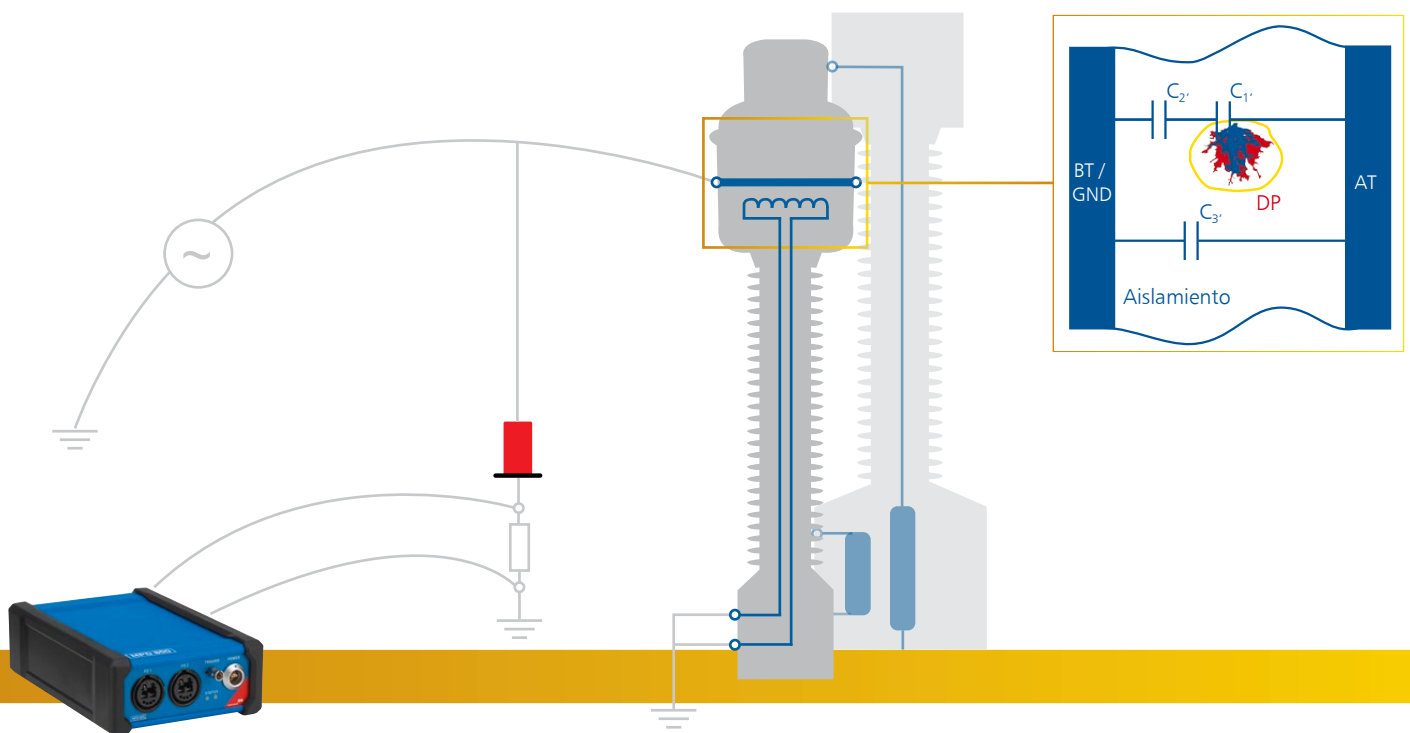
También aparecen DP si el material de aislamiento entre los diferentes potenciales de tensión envejece, se contamina o es defectuoso.

La medición de DP es un método confiable y no intrusivo que se utiliza para diagnosticar el estado del sistema de aislamiento de un TM. Puede utilizarse para el diagnóstico en el laboratorio (durante la aceptación en fábrica), así como para pruebas en campo para detectar defectos críticos y evaluar los riesgos.

## ¿Cómo funciona?

Al realizar la medición y el análisis de la actividad de DP en TM, se definen las pruebas y configuraciones de prueba específicas mediante el tipo de TM y la norma según la cual se realizan las mediciones. Dependiendo del tipo de TM, el sistema de análisis de DP se conecta a un condensador de acoplamiento externo o a la ruta de tierra del TM.

Las DP se miden generalmente en pC. Por lo general se despliegan avanzadas técnicas de supresión de ruido en entornos de muchas interferencias para minimizar los datos irrelevantes.



MPD 800

## Es bueno saber que...

La DP es una descarga eléctrica localizada que solo puentea parcialmente un sistema de aislamiento eléctrico sólido o líquido bajo estrés (campo) de alta tensión.

Se instala un circuito de prueba para recargar la capacitancia en cortocircuito desde el condensador de acoplamiento. Puede medirse la corriente durante la recarga y correlacionarse con el nivel de descarga.

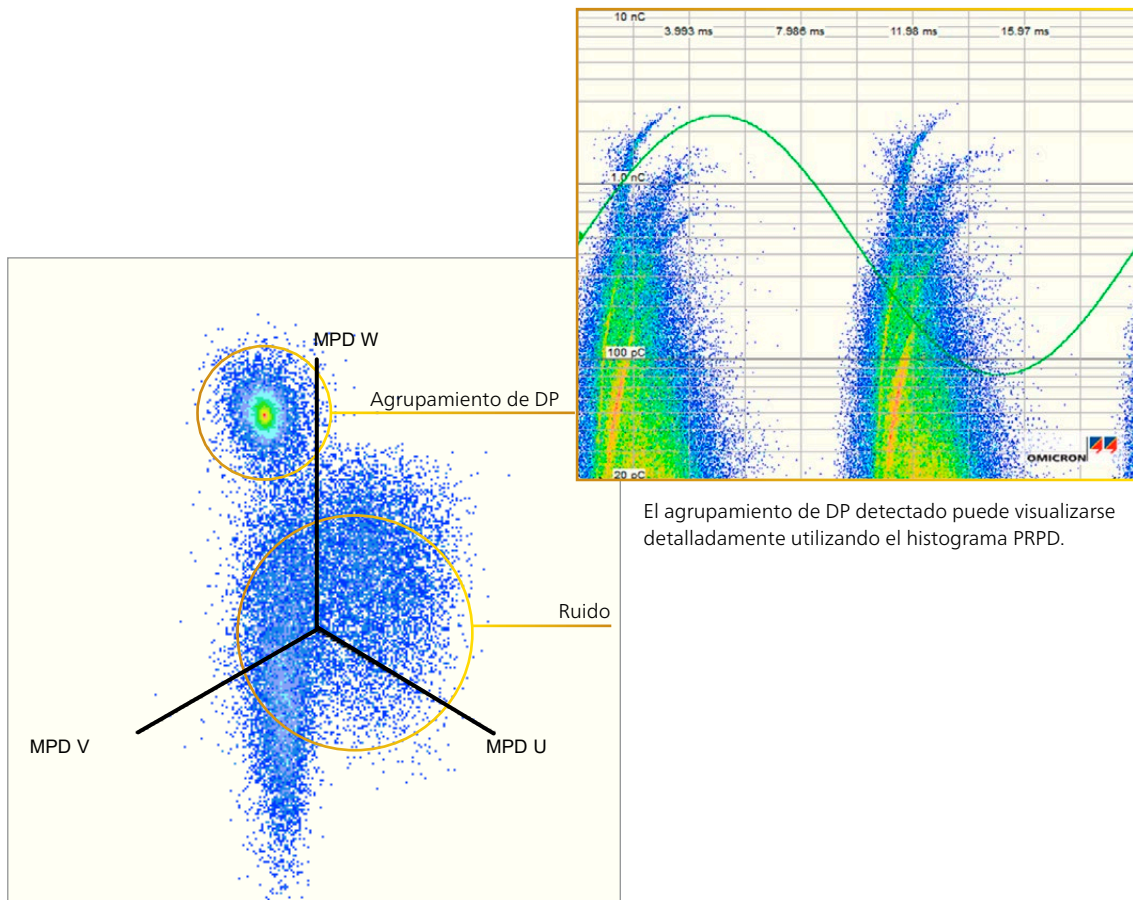
Con la interpretación del patrón pueden separarse, las DP internas y externas, así como las descargas superficiales o el potencial flotante.

La medición multi-espectral de DP, denominada 3CFRD, se puede utilizar para separar diferentes fuentes de DP analizando las diferentes respuestas en frecuencia de la DP con un solo canal de medición.

Un puente de medición equilibrado (MBB1) permite pruebas de DP monofásicas y se puede utilizar tanto en configuraciones de prueba de CA como de CC en laboratorio y en campo. Esto es especialmente útil para entornos con grandes interferencias.

## ¿Por qué utilizar el MPD 800?

- > Mediciones de DP en transformadores de medida conforme a la norma IEC
- > El aislamiento galvánico mediante cables de fibra óptica garantiza un funcionamiento seguro
- > Capacidad de medición de DP multicanal sincrónica y apantallamiento
- > Grabación y reproducción de conjuntos de datos de DP para su posterior análisis
- > Métodos activa de supresión y puertas de ruido para lograr una exactitud óptima a pesar de las altas interferencias
- > El software personalizable permite que los usuarios seleccionen solo las herramientas de análisis de DP que necesitan



El agrupamiento de DP detectado puede visualizarse detalladamente utilizando el histograma PRPD.

Un 3PARD (Diagrama trifásico de relación de amplitudes) separa las fuentes de DP del ruido

# Análisis de respuesta en frecuencia dieléctrica

## ¿Qué puede someterse a prueba?

- ✓ Aislamiento
- Devanados
- Núcleo
- Divisor de tensión capacitivo
- Reactor de compensación
- Circuito electromagnético entero
- Carga
- Calidad de la potencia

## ¿Por qué medir?

En los TM aislados mediante aceite-papel inductivo se utiliza el análisis de respuesta dieléctrica en frecuencia, también denominado análisis de respuesta dieléctrica, para evaluar el contenido de humedad del aislamiento de celulosa y, por tanto, determinar su estado.

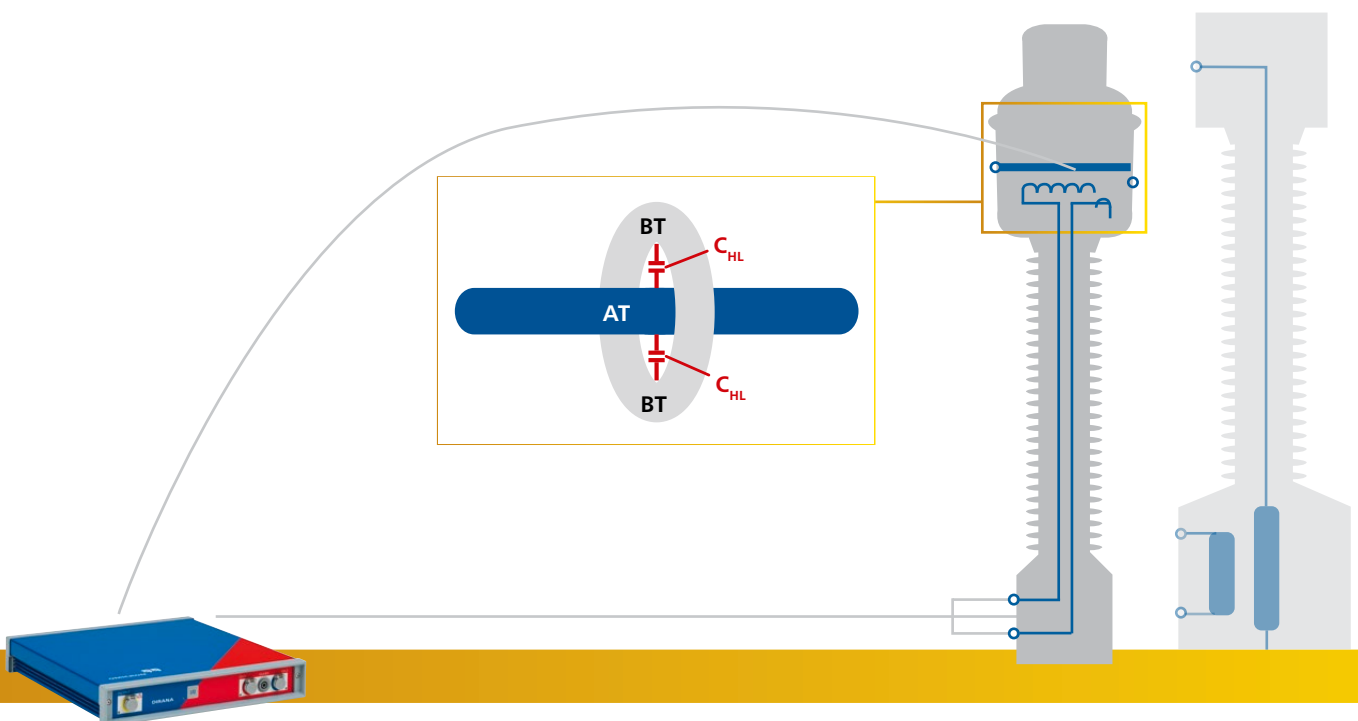
La presencia de humedad en los TM aislados con aceite-papel puede deberse a un secado insuficiente durante la fabricación o a fugas. Esto provoca una reducción de la resistencia a la ruptura y un aumento de las pérdidas.

Un alto contenido de humedad en el aislamiento de los TM aislados con aceite-papel puede provocar fallas que lleven a la completa destrucción del TM. Por tanto, el contenido de humedad en el aislamiento es un factor importante durante la evaluación de la condición.

## ¿Cómo funciona?

En los TC se puede acceder directamente al aislamiento principal para las mediciones. En el caso de un TT, es difícil el acceso directo al aislamiento principal completo, ya que es la suma del aislamiento de todas las espiras individuales del devanado primario. Sin embargo, se puede medir la respuesta dieléctrica entre el devanado primario y el secundario, así como entre el devanado primario y tierra.

Se mide el factor de potencia/factor de disipación de este aislamiento en un amplio rango de frecuencias. La curva resultante contiene información sobre el estado del aislamiento.



## Es bueno saber que...

No hay otras formas no invasivas de evaluar la humedad en un TM que ofrezcan una exactitud comparable.

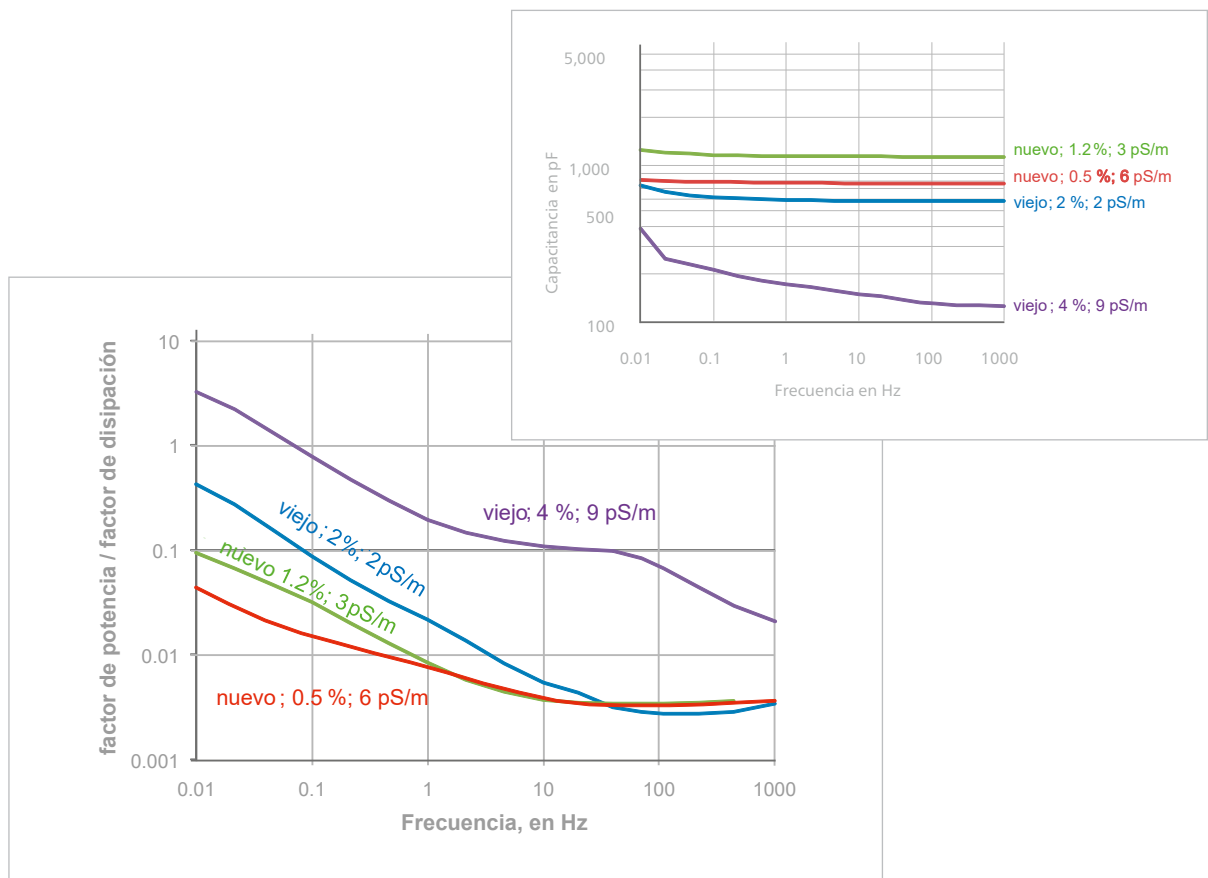
El contenido de humedad se determina directamente en la celulosa y no se deduce de la humedad en el aceite. Por lo tanto, el método es aplicable a todas las temperaturas y no hay necesidad de esperar hasta que se haya alcanzado el equilibrio de humedad entre el papel y aceite.

Para aumentar la confiabilidad de los resultados medidos, siempre es bueno realizar varias mediciones de dispositivos individuales y también medir tantos dispositivos "hermanos" como sea posible y luego comparar los resultados (resultados de referencia).

También se pueden utilizar las mediciones de la capacitancia en relación con la frecuencia para determinar el envejecimiento del aislamiento. Con los nuevos TM el valor de la capacitancia permanece igual; con los TM antiguos disminuye al aumentar la frecuencia.

## ¿Por qué utilizar el DIRANA?

- > Determinación confiable de la humedad de los transformadores de medida
- > Proporciona tiempos de medición extremadamente breves mediante la combinación de métodos de medición (FDS y PDC)
- > Amplio rango de frecuencia (10  $\mu$ Hz ... 5 kHz)



Respuesta dieléctrica relación capacitiva de los transformadores de medida de diferente edad y estado

# Capacitancia y factor de potencia / factor de disipación

## ¿Qué puede someterse a prueba?

- ✓ Aislamiento
- Devanados
- Núcleo
- ✓ Divisor de tensión capacitivo
- Reactor de compensación
- Circuito electromagnético entero
- Carga
- Calidad de la potencia

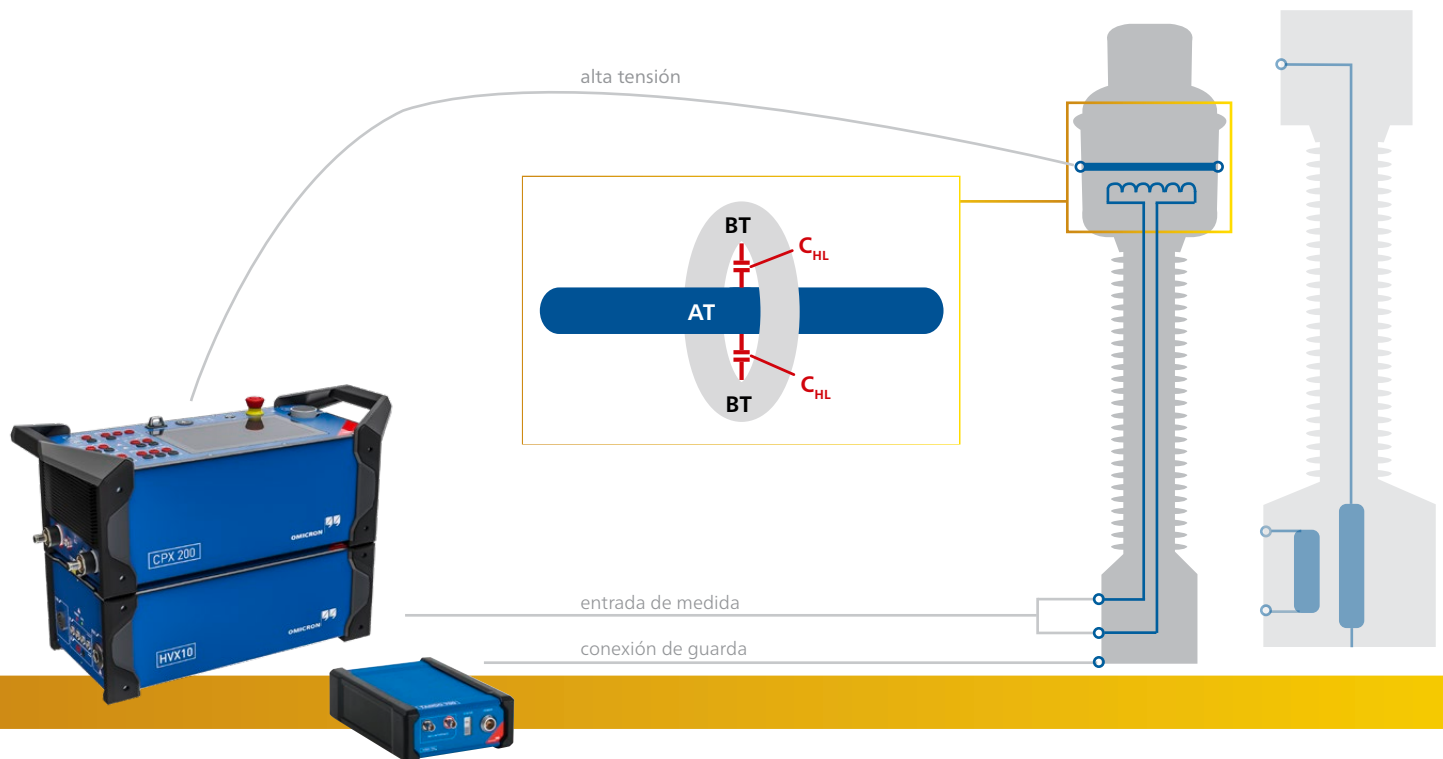
## ¿Por qué medir?

Las mediciones del factor de potencia/factor de disipación (PF/DF) se realizan para investigar el estado del aislamiento de los TM, que es esencial para un funcionamiento confiable del TM.

La entrada de agua da lugar a un aumento de las pérdidas dieléctricas, que pueden cuantificarse mediante mediciones del PF/DF. Realizada esta medición en los paquetes de condensadores de un CVT puede revelar capas capacitivas cortocircuitadas. Una de las causas importantes de avería de los TM es una falla del aislamiento.

## ¿Cómo funciona?

Las mediciones se realizan en el aislamiento principal del TM, al que se puede acceder entre el conductor primario y el conductor secundario. En los TC, se cortocircuitan los devanados y se aplica la tensión de prueba a un devanado mientras se mide la corriente a través del aislamiento en el devanado opuesto. En los TT, es difícil el acceso directo al aislamiento principal completo, sin embargo puede realizarse la medición entre el devanado primario y secundario, así como entre el devanado primario y tierra.



CPX 200 + HVX10

TANDO 700  
(Se requiere fuente de tensión)

## Es bueno saber que...

Para evaluar los resultados de las mediciones, es beneficioso comparar los valores con resultados anteriores, resultados de las unidades "hermanas" y con los valores de referencia mencionados en las normas aplicables al activo objeto de la prueba.

Un aumento en la capacitancia de más del 10 % en comparación con resultados anteriores normalmente se considera peligroso. Indica que una parte del aislamiento ya está cortocircuitada y el estrés dieléctrico del aislamiento restante es demasiado alto.

Las mediciones estándar de PF/DF a 50 Hz o 60 Hz solo pueden detectar los efectos de la humedad y el envejecimiento en una etapa avanzada. Realizando la medición en un rango de frecuencias más amplio, estos efectos pueden detectarse en una etapa anterior que permita un mayor tiempo de reacción para programar acciones correctivas.

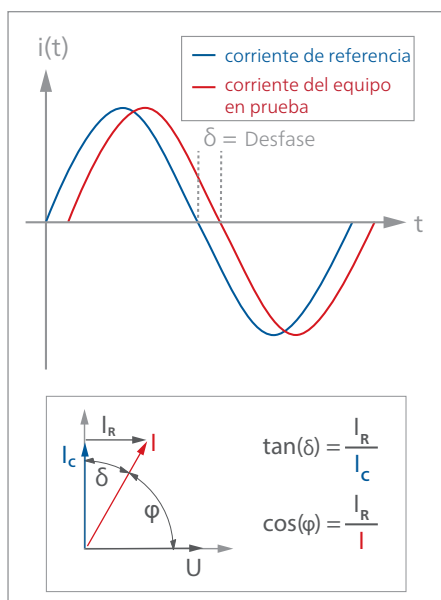
Si se detecta un alto PF/DF, puede utilizarse el análisis de respuesta dieléctrica como método de diagnóstico adicional. Esta medición dieléctrica de banda ancha puede utilizarse para determinar si el alto PF/DF tiene como causa la humedad.

## ¿Por qué utilizar el CPX 200 + HVX10?

- > Alta exactitud de las mediciones
- > Amplio rango de frecuencias de prueba (1 ... 600 Hz)
- > La misma configuración que para las pruebas de resistencia del aislamiento, sin necesidad de recableado
- > Peso combinado inferior a 30 kg

## ¿Por qué utilizar el TANDO 700?

- > Pruebas de laboratorio de alta tensión, por ejemplo, para las pruebas de rutina y tipo o pruebas de materiales de múltiples activos



Las pérdidas dieléctricas causan un desfase

# Resistencia del aislamiento

## ¿Qué puede someterse a prueba?

- ✓ Aislamiento
- Devanados
- Núcleo
- Divisor de tensión capacitivo
- Reactor de compensación
- Circuito electromagnético entero
- Carga
- Calidad de la potencia

## ¿Por qué medir?

La medición de la resistencia del aislamiento identifica posibles puntos débiles en el aislamiento de los TM que pueden producirse debido a la entrada de humedad, el envejecimiento y las fuerzas mecánicas que actúan sobre el activo. Los daños en el aislamiento pueden provocar averías eléctricas, fallas en los equipos y costosos tiempos fuera de servicio.

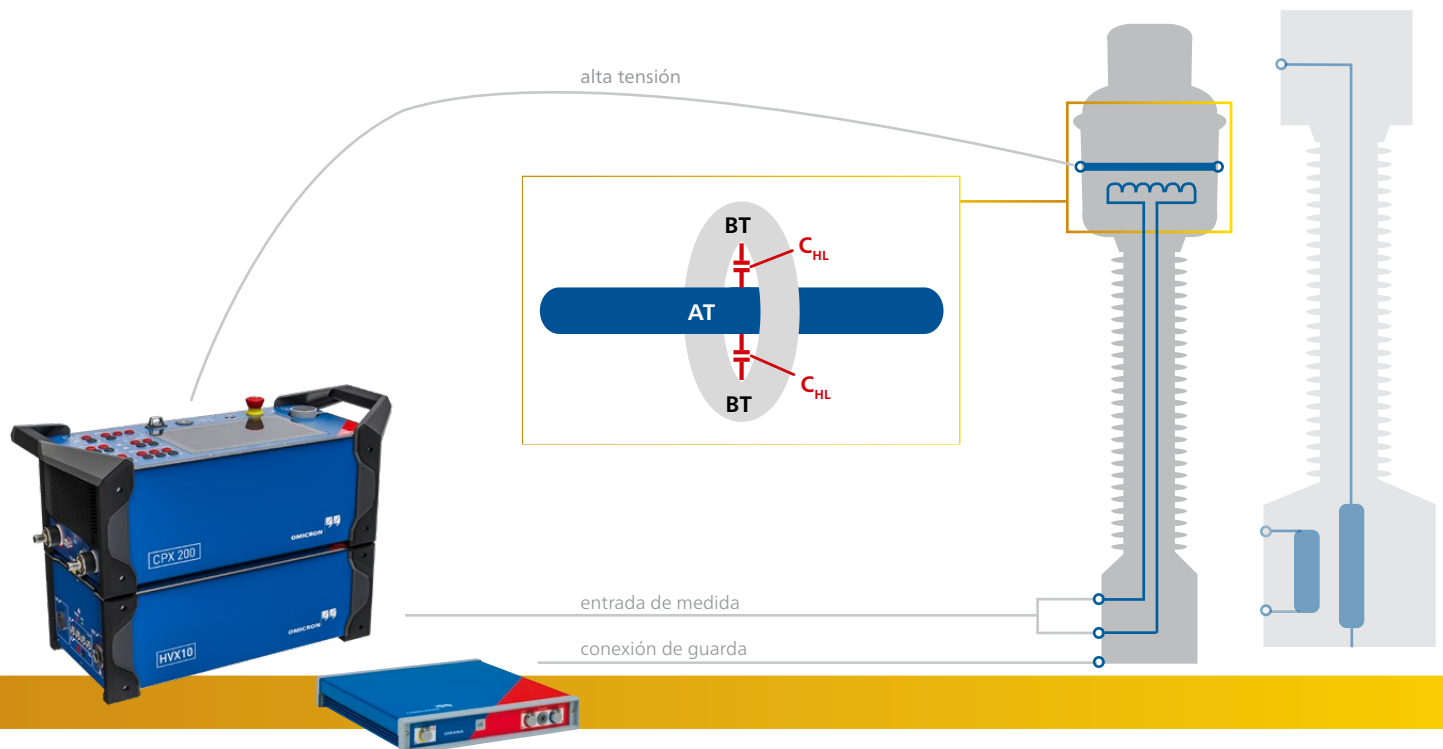
Mediante la medición periódica de la resistencia del aislamiento, pueden detectarse a tiempo los puntos débiles, lo que ayuda a evitar grandes fallas, reducir las interrupciones de servicio inesperadas y prolongar la vida útil de los equipos.

## ¿Cómo funciona?

La resistencia del aislamiento se evalúa aplicando una tensión de CC de 500 a 1000 V durante 60 segundos entre los devanados y tierra, y entre los devanados individuales.

En los TC, los terminales primario y secundario se cortocircuitan y el devanado secundario se conecta a tierra. Se aplica una tensión de prueba de CC al devanado primario utilizando la misma configuración que para las pruebas de factor de disipación/potencia y capacitancia.

Los TC de tensión se prueban utilizando inyección primaria con el neutro del devanado primario conectado a tierra. Con el HVX10, la resistencia del aislamiento se puede medir entre el devanado secundario inyectado y hasta cuatro devanados secundarios adicionales, y el devanado primario conectado a tierra, utilizando una sola configuración.



## Es bueno saber que...

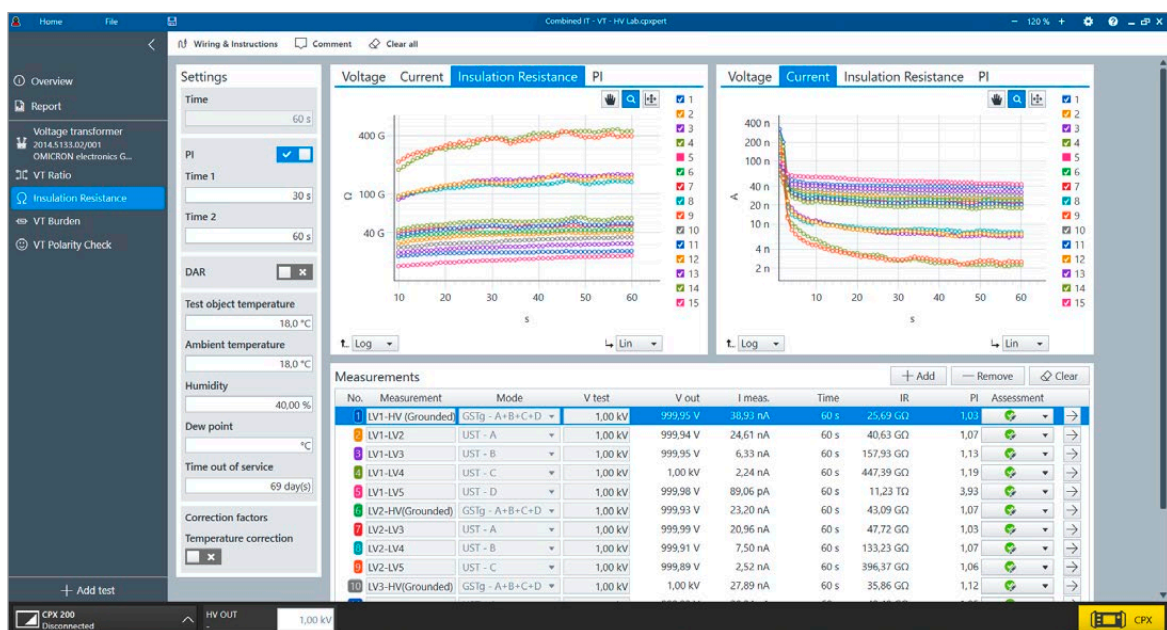
Algunos transformadores de medida tienen un electrodo de apantallamiento que mejora la exactitud de la resistencia del aislamiento al reducir las capacitancias de dispersión y las corrientes de fuga superficiales. Cuando está presente, no es posible realizar pruebas directas entre los devanados primario y secundario; en su lugar, se toman mediciones entre los devanados y el electrodo de apantallamiento.

Si no se puede desconectar el electrodo de apantallamiento, aplique la tensión de prueba a un devanado sin conexión a tierra y mida entre ese devanado y el electrodo de apantallamiento conectado a tierra. Asegúrese de que la tensión se mantenga dentro del máximo especificado para el transformador para evitar daños.

Si el electrodo de apantallamiento de los TC se puede desconectar, aplique la tensión de prueba (dentro de los límites especificados) a un devanado primario desconectado de tierra. Mida entre el devanado primario y el electrodo de apantallamiento sin conexión a tierra.

## ¿Por qué utilizar el CPX 200 + HVX10?

- > Mismo cableado que para las mediciones de capacitancia y factor de potencia / factor de disipación
- > Registro de curvas para un análisis detallado
- > Cálculo automático de PI y DAR
- > Duración de la medición configurable (p. ej., 60 s, 600 s)
- > Medición de hasta cuatro bornas sin necesidad de recableado



Pruebas de resistencia del aislamiento en TM con el software CPXpert

# Factor límite de exactitud (ALF) y tensión de terminal ( $V_b$ )

## ¿Qué puede someterse a prueba?

- ✓ Aislamiento
- ✓ Devanados
- ✓ Núcleo
- Divisor de tensión capacitivo
- Reactor de compensación
- ✓ Circuito electromagnético entero
- ✓ Carga
- Calidad de la potencia

## ¿Por qué medir?

La exactitud del TC varía con las diferentes condiciones de funcionamiento debido a la no linealidad del núcleo magnético. Cuando la inductancia del núcleo se reduce debido a la saturación, el error aumenta. Por tanto, la exactitud cambia durante las condiciones de sobrecorriente. El ALF (IEC) y la tensión de terminal (IEEE) indican si un TC de protección puede medir corrientes de falla con suficiente exactitud considerando la carga especificada/conectada.

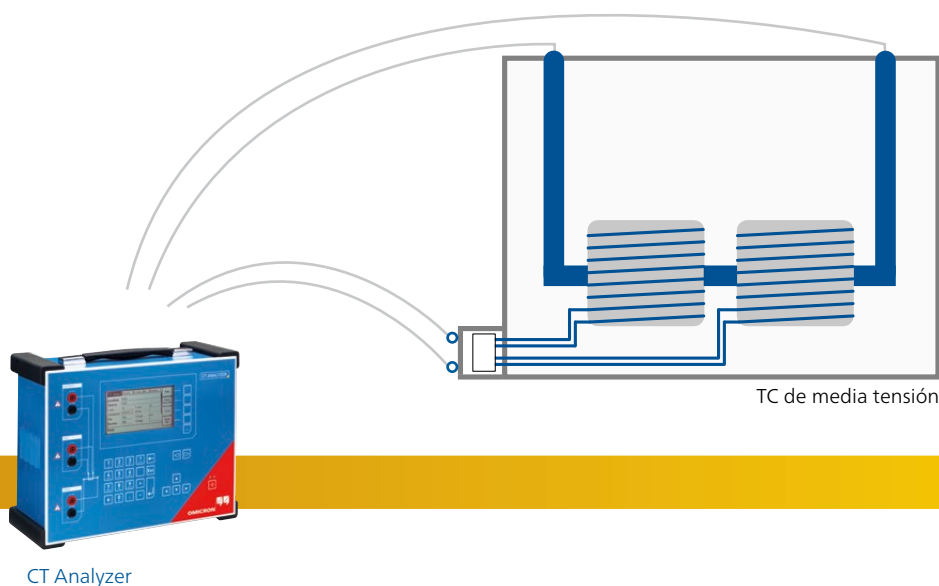
El ALF puede definirse como la corriente operativa relacionada con la corriente nominal en la que la exactitud sigue estando dentro de los límites definidos. La tensión terminal  $V_b$  es la tensión a través de la carga estándar a 20 veces la corriente nominal sin superar el 10 % de error compuesto.

## ¿Cómo funciona?

Utilizando el método indirecto según IEC, se miden directamente la resistencia del devanado, la carga y la curva de excitación. Basándose en los resultados, puede derivarse el ALF según el diagrama de circuito equivalente simplificado.

Para verificar si un TC Clase C según IEEE cumple los requisitos relativos a la tensión de terminal (por ejemplo, 400 V), se calcula la corrección de la relación o el error compuesto en base a la curva de excitación y la carga para 20 veces la corriente secundaria nominal. Si el error es inferior al 10 %, el TC es satisfactorio.

Con el método directo, se aplica una corriente sinusoidal al lado primario del TC que es igual a la corriente primaria límite de la exactitud. El lado secundario está conectado a la carga nominal y debe determinarse la exactitud.



### Es bueno saber que...

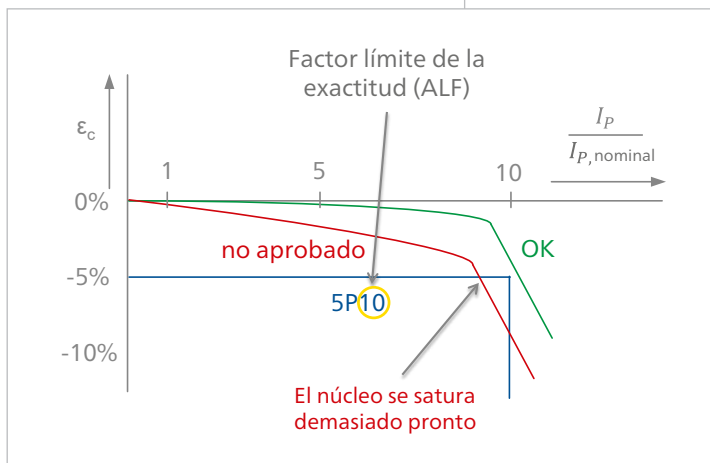
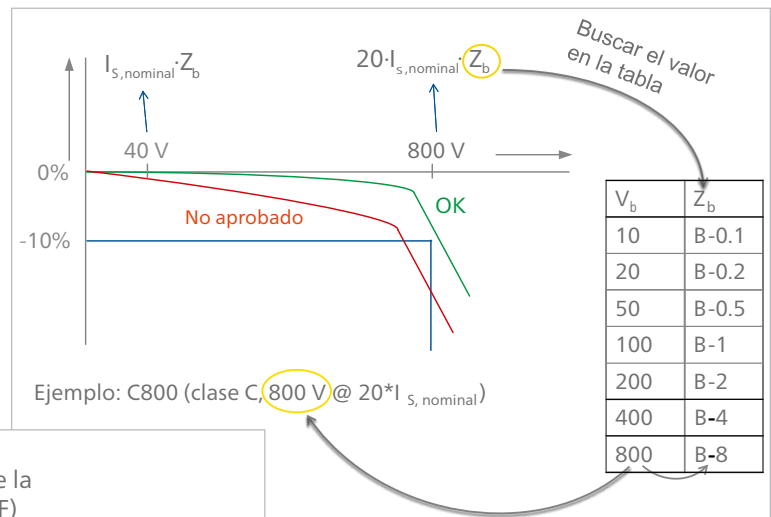
El parámetro IPL es la corriente primaria nominal límite del instrumento para una medición y la corriente límite de exactitud para un transformador de protección. La relación entre la corriente  $I_L$  y la corriente primaria nominal  $I_{P,R}$  se conoce como factor de límite de exactitud (ALF) para los TC de protección y factor de seguridad del instrumento (FS) para los TC de medida.

Los TC de protección y medida tienen requisitos diferentes. Los TC de medida funcionan en el rango lineal y deben saturarse ante sobrecorrientes para proteger los dispositivos conectados. Los TC de protección, sin embargo, deben funcionar correctamente tanto a la corriente nominal como ante sobrecorrientes con una saturación más alta.

Con el fin de validar la tensión de terminal  $V_b$  si se desconoce, hay que determinar la tensión a través de la carga donde el error es exactamente del 10%. Si esta tensión es, por ejemplo, de 480 V el TC está clasificado como TC C 400.

### ¿Por qué utilizar el CT Analyzer?

- > Es posible la derivación del ALF a través del método directo (descrito en IEC 60044-1 y IEC 61869-2)
- > La medición es parte de la prueba de TC completa con baja tensión
- > Pueden determinarse el ALF indirecto y el ALF directo
- > La tensión de terminal puede validarse si se desconoce
- > Puede realizarse una evaluación general del TC cuando se realiza de acuerdo con los requisitos estándar



Errores del TC relacionados con la corriente primaria:  
Explica los requisitos del ALF y de la tensión de terminal

# Magnetismo residual

## ¿Qué puede someterse a prueba?

- Aislamiento
- Devanados
- ✓ Núcleo
- Divisor de tensión capacitivo
- Reactor de compensación
- Circuito electromagnético entero
- Carga
- Calidad de la potencia

## ¿Por qué medir?

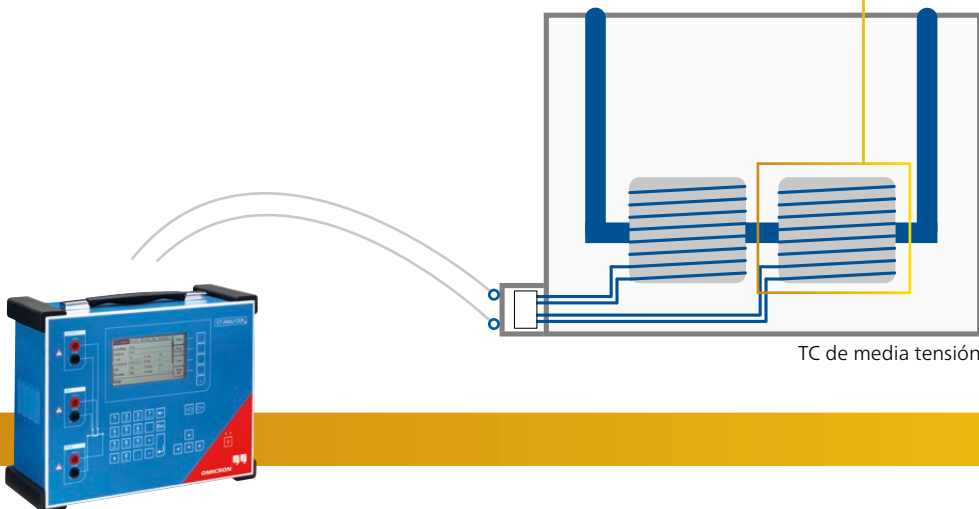
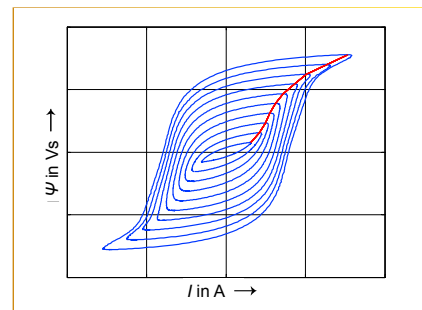
La medición detecta el magnetismo residual en el núcleo magnético debido a corrientes de falla, componentes de CC durante la conmutación, mediciones de CC o rayos.

El magnetismo residual en un TC puede producir un desplazamiento del punto de operación, lo que causa un funcionamiento defectuoso de los relés de protección, o generalmente una interpretación errónea de las corrientes del sistema.

Las mediciones y análisis de la remanencia y el magnetismo residual deben realizarse antes de poner un TC en funcionamiento para garantizar un funcionamiento correcto, después de un evento y la exposición a los componentes de CC y después de una medición de resistencia del devanado de CC.

## ¿Cómo funciona?

La herramienta basada en software determina el magnetismo residual en el núcleo de los TC. Se aplica una tensión de CC alternativa al terminal secundario para determinar la saturación. Ahora se determina el flujo de saturación. A continuación, se calcula el flujo remanente a través de las diferencias entre las características de excitación inicial y las características derivadas después de algunos ciclos alternos de tensión CC cuando el sistema es simétrico de nuevo. Tras la medición, se desmagnetiza el núcleo del TC.



CT Analyzer

## Es bueno saber que...

En caso de falla del sistema, el equipo de protección conectado a los TM desconecta las secciones afectadas de la red y por tanto ayuda a evitar daños más serios.

No obstante, el disparo no selectivo de los sistemas de protección cuando no hay falla en el área de protección respectiva (falso disparo) interrumpe el funcionamiento normal de la red y tiene efectos negativos tanto en la disponibilidad como en la selectividad.

Es importante saber si hay flujo residual en el núcleo de los TC, ya que reduce la oscilación del flujo disponible en una sola dirección y hace más difícil evitar la saturación durante las condiciones de falla.

Para evitar un efecto negativo debido al magnetismo residual, pueden sobredimensionarse los núcleos del TC o pueden introducirse entrehierros. Con los entrehierros instalados, la curva de histéresis se aplana, la saturación del núcleo comienza en campos magnéticos más altos y puede reducirse la remanencia. Cuanto más grandes sean los entrehierros, menor será la remanencia. En lugar de tener un solo entrehierro, pueden distribuirse alrededor del núcleo.

## ¿Por qué utilizar el CT Analyzer?

- > Medición exacta de factores de remanencia y magnetismo residual
- > Determinación del factor de remanencia  $K_r$  y del flujo residual en un ciclo de pruebas automatizadas
- > La desmagnetización del núcleo del TC tras la medición garantiza que el TT no tiene magnetismo residual.
- > Resultados en cuestión de segundos



Curva de excitación / histéresis correspondiente a los procesos de magnetización interna del núcleo magnético

# Parámetros del TC transitorio

## ¿Qué puede someterse a prueba?

- Aislamiento
- Devanados
- ✓ Núcleo
- Divisor de tensión capacitivo
- Reactor de compensación
- ✓ Circuito electromagnético entero
- Carga
- Calidad de la potencia

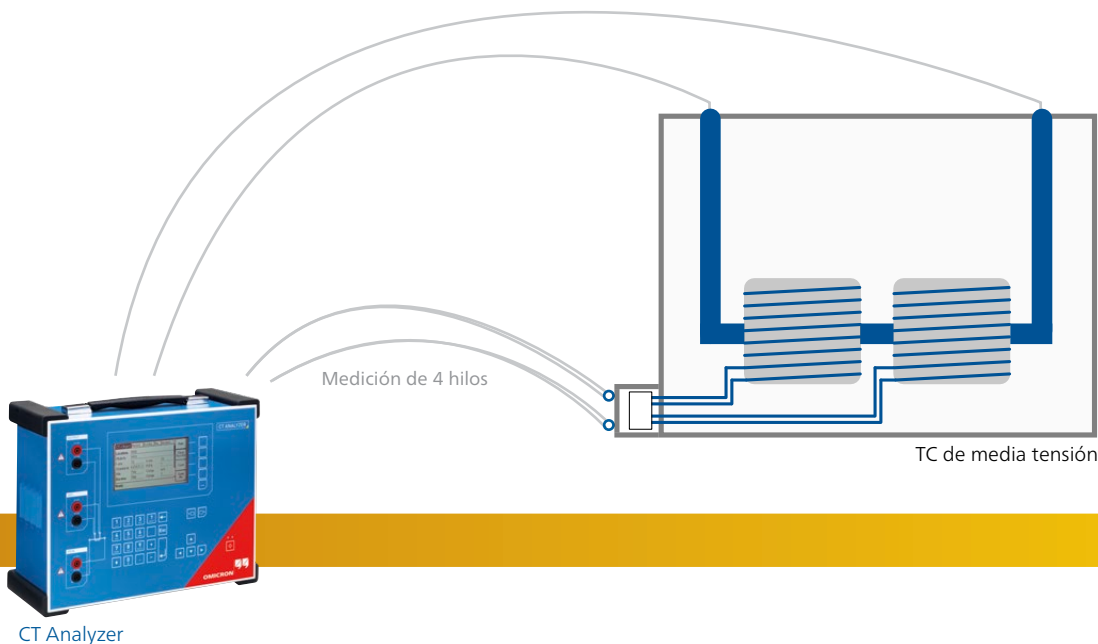
## ¿Por qué medir?

Los TC funcionan en condiciones de CA simétricas pero también están expuestos a componentes de CC debido a influencias operativas, ambientales o de mantenimiento. Los eventos transitorios, por ejemplo, cortocircuitos o conmutación, pueden exponer los TC a una componente de CC exponencialmente decreciente. Esto causa una magnetización asimétrica y, por tanto, magnetismo residual en el núcleo magnético. La magnetización asimétrica y el magnetismo residual pueden provocar un funcionamiento incorrecto de los dispositivos de protección.

Un TC de protección debe "sobredimensionarse" para poder garantizar una correcta interpretación del sistema, en condiciones nominales y de falla, incluso cuando está expuesto a componentes de CC. Las componentes de CC se magnetizan y pueden saturar los núcleos de los TC (dependiendo del diseño y del material del núcleo). Esto da lugar a un funcionamiento asimétrico. Se definen diferentes parámetros para desensibilizar el comportamiento bajo estas condiciones. Los parámetros transitorios importantes son:  $K_{td}$ ,  $t_{al}$ ,  $K_{tr}$ ,  $K_x$ ,  $K_{ssc}$ .

## ¿Cómo funciona?

Los parámetros transitorios del TC se obtienen midiendo los parámetros del circuito equivalente del TC y posteriormente determinan los parámetros transitorios basados en los valores de entrada y la carga secundaria aplicada.



## Es bueno saber que...

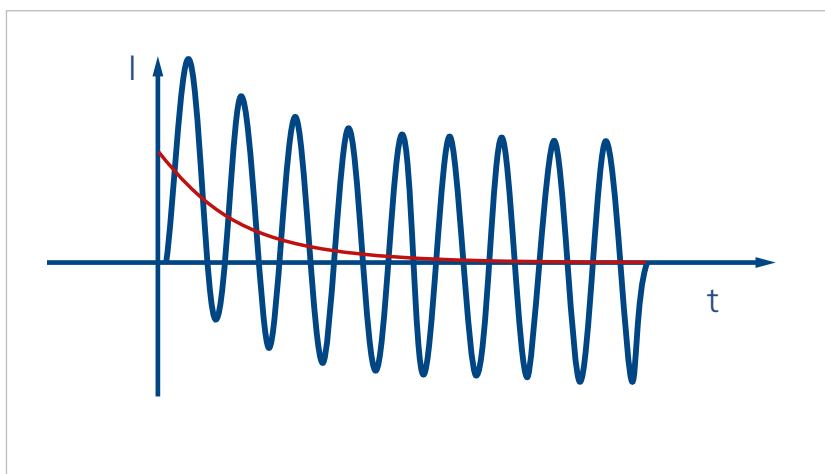
La norma IEC define diferentes clases para los TC de protección. Las clases TPX, TPY y TPZ tienen requisitos especiales en cuanto al desempeño transitorio. Si se produce una corriente de falla, la componente de CC no debe afectar al desempeño correcto del TC para estas clases durante ciclos de servicio diferentes.

Los criterios pueden cumplirse sobredimensionando el núcleo del TC, usando material con una pequeña inducción de remanencia, o mediante la introducción de entrehierros. Esto último produce un comportamiento lineal. Una componente de CC no puede transformarse completamente y no daña el TC.

Para determinar el flujo residual en un núcleo de TC, debe realizarse una medición determinada (véase "flujo residual"). Después de cada medición del TC, hay que desmagnetizar el núcleo del TC, especialmente después de la prueba de resistencia del devanado de CC.

## ¿Por qué utilizar el CT Analyzer?

- > Conocer las capacidades de un TC en un evento de una falla transitoria incluso en una etapa muy temprana de la producción
- > Decidir si un TC es adecuado o no para una red específica con las corrientes de falla previstas
- > Decidir si un TC es adecuado para un ciclo de servicio definido
- > Conocer los parámetros transitorios para poder configurar las funciones de protección correctas de los relés



Corriente de cortocircuito con componente de CC decreciente (línea roja)

# Relación en banda ancha y exactitud de fase

## ¿Qué puede someterse a prueba?

- Aislamiento
- Devanados
- Núcleo
- Divisor de tensión capacitivo
- Reactor de compensación
- Circuito electromagnético entero
- Carga
- ✓ Calidad de la potencia

## ¿Por qué medir?

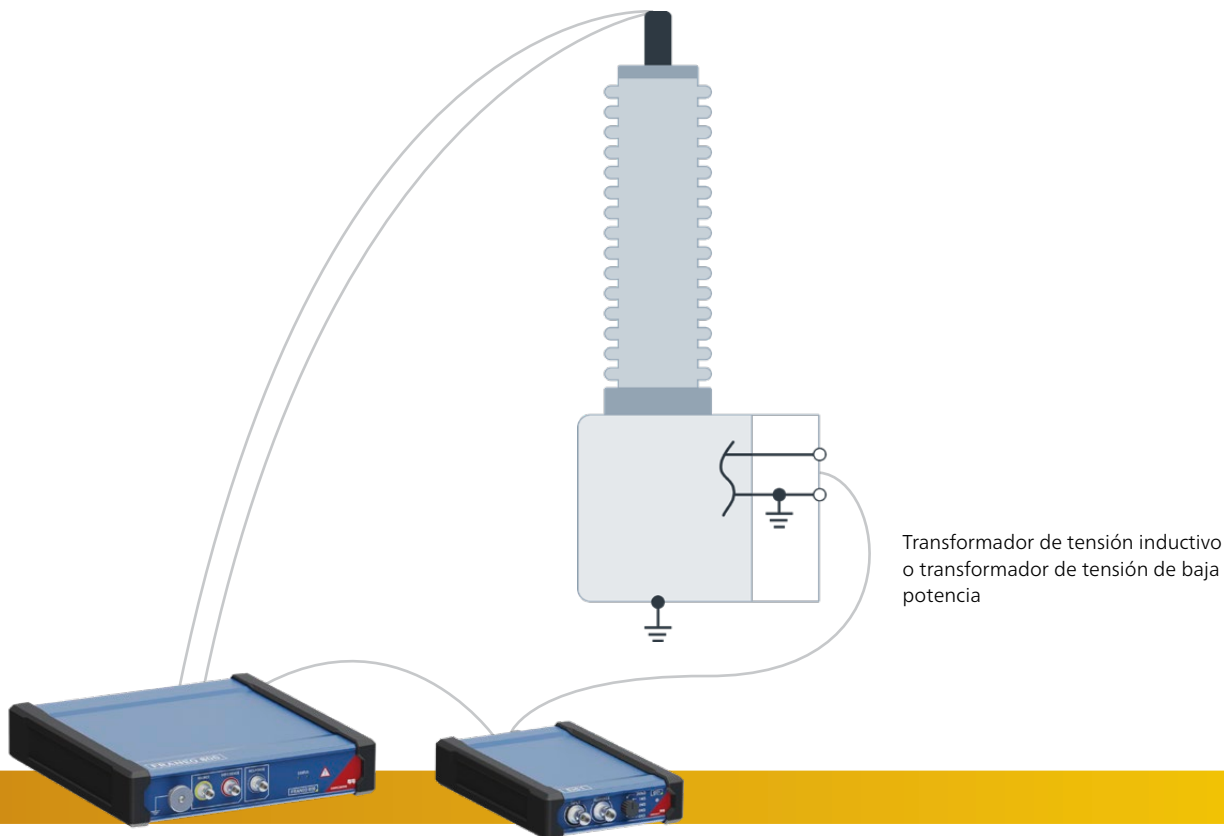
Los transformadores de medida son responsables de reducir las altas tensiones y corrientes a niveles medibles. Su exactitud afecta directamente a la fiabilidad de la cadena de medición de la calidad de la potencia. La calidad de la potencia es crucial para la fiabilidad del sistema, ya que indica en qué medida la tensión y la corriente se ajustan a las formas de onda idóneas. Una mala calidad de la potencia puede provocar fallas en los equipos, pérdidas de energía y tiempos fuera de servicio.

Las clasificaciones de exactitud tradicionales se centran en el comportamiento de la frecuencia fundamental, pero muchas perturbaciones de la calidad de la potencia se producen a frecuencias más altas en el rango armónico. La medición de la relación en banda ancha y la exactitud de fase en todo el rango de frecuencias maximiza la disponibilidad de los activos y la fiabilidad de la red eléctrica.

## ¿Cómo funciona?

Se requiere un sistema de prueba de alta precisión para inyectar un amplio rango de frecuencias (hasta 500 kHz) y analizar la salida con una incertidumbre de medición mínima. Además de la fuente de tensión de prueba de alta frecuencia, el sistema incluye un convertidor de impedancia que se adapta a la carga nominal del equipo en prueba.

Mide con precisión los errores de amplitud y fase en todo el espectro de frecuencias, lo que proporciona una evaluación completa del rendimiento de un transformador de medida en condiciones reales de la red eléctrica.



## Es bueno saber que...

La norma IEC 61869-1 Edición 2.0 define clases de exactitud en banda ancha para transformadores de medida para aplicaciones de calidad de la potencia. Estas clases abordan la transformación de formas de onda sinusoidales de alta frecuencia, así como de armónicos de corriente y tensión distorsionados.

El software permite a los usuarios visualizar y comparar los resultados de las pruebas con los límites especificados de las clases de exactitud correspondientes.

Las mediciones de exactitud en banda ancha se realizan normalmente en entornos de laboratorio o en instalaciones de prueba especializadas. Se llevan a cabo durante la fase de diseño de los transformadores de medida, las pruebas de tipo, las pruebas de puesta en servicio y en escenarios de verificación en campo.

## ¿Por qué utilizar el FRANEO 800 + EIC1?

- > Medición de la relación de banda ancha y la exactitud de fase de los transformadores de medida para aplicaciones de calidad de la potencia
- > Flujo de trabajo de pruebas fácil de usar en un software específico
- > Ajuste la impedancia de la carga con el accesorio convertidor electrónico de impedancia EIC1



Nuestro software PQLyzer proporciona una asistencia óptima para medir las características de transferencia de los transformadores de medida mediante ajustes de barrido configurables, diagramas de cableado y elaboración de informes para facilitar su uso.

Creamos valor para a nuestros clientes con...

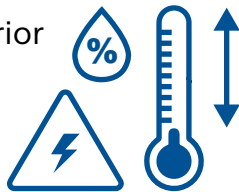
## Calidad

Puede contar con los más altos niveles de seguridad y protección



Confiabilidad superior mediante

72



horas de pruebas de rodaje antes de la entrega

100%

de pruebas de rutina de todos los componentes de los equipos de prueba



ISO 9001  
TÜV & EMAS  
ISO 14001  
OHSAS 18001



Conformidad con las normas internacionales

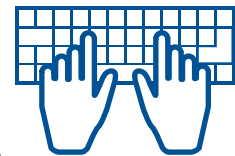
## Innovación



... una cartera de productos previstos para sus necesidades

Más de

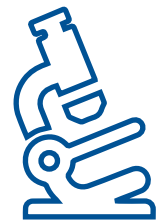
200



desarrolladores mantienen actualizadas nuestras soluciones

Más del

15%



de nuestros ingresos anuales se reinvierte en investigación y desarrollo

Ahorre hasta el

80%

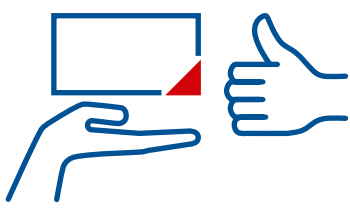


del tiempo de prueba mediante plantillas y automatización

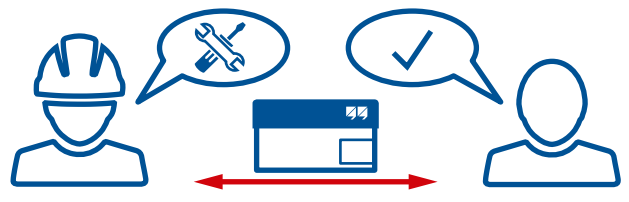
## Asistencia

24/7

Asistencia técnica profesional en todo momento



Dispositivos en préstamo ayudan a reducir el tiempo fuera de servicio



Reparación y calibración económicas y sin complicaciones



oficinas en todo el mundo para contacto y asistencia locales

## Conocimientos

Más de

300

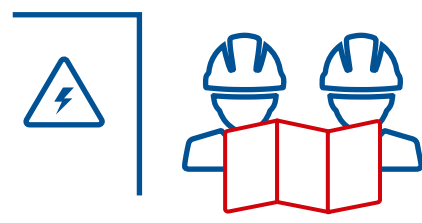


cursos prácticos y teóricos al año

OMICRON organiza frecuentes reuniones, seminarios y conferencias de usuarios



a miles de artículos técnicos y notas de aplicación



Expertos en asesoramiento, pruebas y diagnóstico

OMICRON es una empresa internacional que trabaja con pasión en ideas para que los sistemas eléctricos sean seguros y confiables. Nuestras soluciones pioneras están diseñadas para responder a los retos actuales y futuros de nuestro sector. Nos esforzamos constantemente para empoderar a nuestros clientes: reaccionamos ante sus necesidades, facilitamos una extraordinaria asistencia local y compartimos nuestros conocimientos expertos.

Dentro del grupo OMICRON, investigamos y desarrollamos tecnologías innovadoras para todos los campos de los sistemas eléctricos. Clientes de todo el mundo confían en la exactitud, velocidad y calidad de nuestras soluciones confiables y fáciles de usar para pruebas eléctricas de equipos de media y alta tensión, sistemas de protección, subestaciones digitales y ciberseguridad.

Fundada en 1984, OMICRON cuenta con décadas de amplia experiencia en el terreno de la ingeniería eléctrica. Un equipo especializado de más de 1.300 empleados proporciona soluciones con asistencia permanente en 23 emplazamientos de todo el mundo y atiende a clientes de más de 170 países.



*Emotions are energy. Our energy moves.*

¡Muévete con nosotros! Escanea el código QR para explorar nuestros eventos, cursos de capacitación y productos. Mantente conectado siguiéndonos en redes sociales.