

Predicción fiable de la vida útil residual de cables de media tensión

Con un flujo de trabajo continuo desde el diagnóstico de cables hasta la evaluación, *Baur GmbH* ofrece a los gestores de activos una solución que les permite diagnosticar el estado de los cables de media tensión.

Esta posibilidad se complementa con la estimación estadística de la vida útil del cable. Conocer el periodo de uso remanente permite planificar con más exactitud las inversiones en sustituciones y, a menudo, posponerlas un par de años



Martin Jenny,
Baur GmbH

Vimelec
<https://www.vimelec.com.ar/>

Para los gestores de activos, cada vez resulta más difícil mantener las redes de distribución con los presupuestos disponibles. Muchos cables de media tensión se tendieron hace décadas, y ahora tienen una edad en la que es más probable que fallen. A ello se suma, hoy en día, el esfuerzo adicional que a menudo soportan las redes por estar sometidas a una carga mayor debido al aumento del consumo o a la alimentación eléctrica descentralizada.

Mantenimiento según el estado y no por intervalos

Garantizar la alta disponibilidad de una red de media tensión, con eficiencia en los costos y pocos fallos, solo es posible mediante una evaluación del estado de los cables. Gracias a ella, las inversiones en reparaciones y las inversiones en sustituciones se pueden planificar, no partiendo de la edad (ver figura 1), sino del grado de envejecimiento real (ver figura 2). De lo contrario, los cables que han envejecido más rápido de lo esperado causarían fallos en la red, o los cables que siguen intactos se cambiarían antes de lo necesario. Ambos casos darían como resultado una relación costo-utilidad desfavorable.

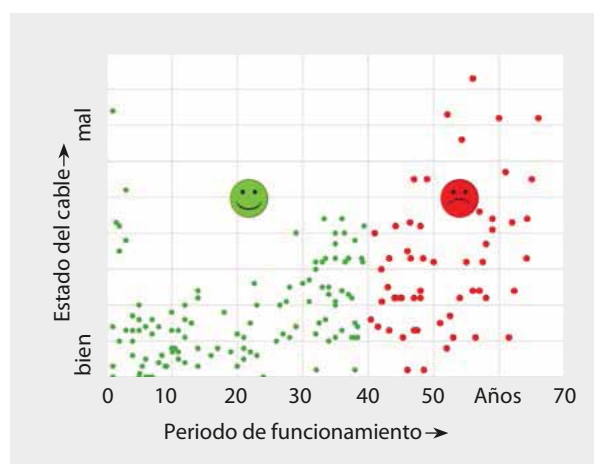


Figura 1. Una estrategia de sustitución basada en la edad absoluta tendría como consecuencia la sustitución de muchos cables aún intactos (representados en la zona inferior derecha del diagrama)

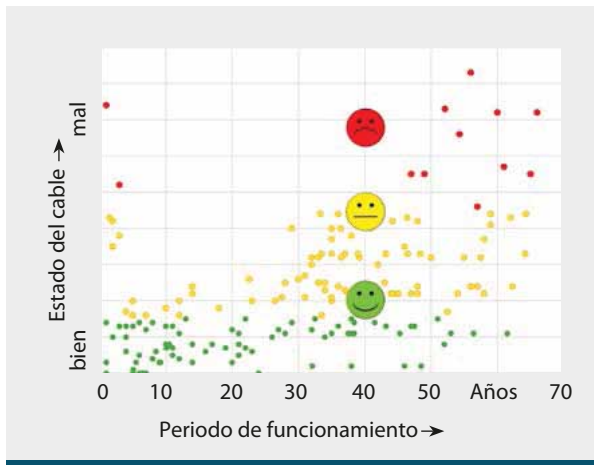


Figura 2. Un cuidado de la red guiado por su estado y basado en mediciones de diagnóstico permite seguir utilizando los cables antiguos aún intactos, además de detectar y cambiar a tiempo los más nuevos que estén en mal estado. Con ello, se minimizan los costos y aumenta la disponibilidad de la red.

Para evaluar el estado de los cables de media tensión, se han implantado dos métodos de diagnóstico: la medición de descargas parciales y la medición del factor de disipación (también llamada medición de tangente delta — $\tan \delta$ —). La medición de descargas parciales es un procedimiento local. Con ella, se pueden detectar, por ejemplo, defectos en accesorios o descargas parciales locales en un aislamiento plástico dañado y un aislamiento insuficiente de papel impregnado. La medición indica, además de los valores de la descarga parcial, la distancia hasta el punto de avería, simplificando así la búsqueda de los lugares que es preciso observar o reparar.

Garantizar la alta disponibilidad de una red de media tensión, con eficiencia en los costos y pocos fallos, solo es posible mediante una evaluación del estado de los cables.

El factor de disipación proporciona indicios del envejecimiento real

La medición del factor de disipación, cuya evaluación se describe a continuación, es un procedimiento no destructivo para valorar todo el tendido de cable medido. Con ella se obtienen indicaciones de arborescencias de agua (aislamiento dañado por el agua en cables con aislamiento plástico), así como de puntos de avería en el aislamiento de cables con aislamiento de papel impregnado, humedad en accesorios y posibles descargas parciales. Puesto que el factor de disipación aumenta cuando lo hacen las arborescencias de agua en el aislamiento, el valor constituye un indicio de la calidad aislante. En los cables nuevos, el factor de disipación es casi nulo. A medida que el cable envejece, este valor aumenta debido a las citadas influencias de la humedad en el aislamiento plástico.

Ya con la medición del factor de disipación, se pueden extraer conclusiones sobre el estado del cable. El software *Baur 4.0* permite al usuario utilizar secuencias de diagnóstico estandarizadas o definidas por él mismo, así como realizar las primeras evaluaciones, incluso durante los ciclos de medición. Gracias al uso de unos ciclos de medición homogéneos y a la posibilidad de comparar

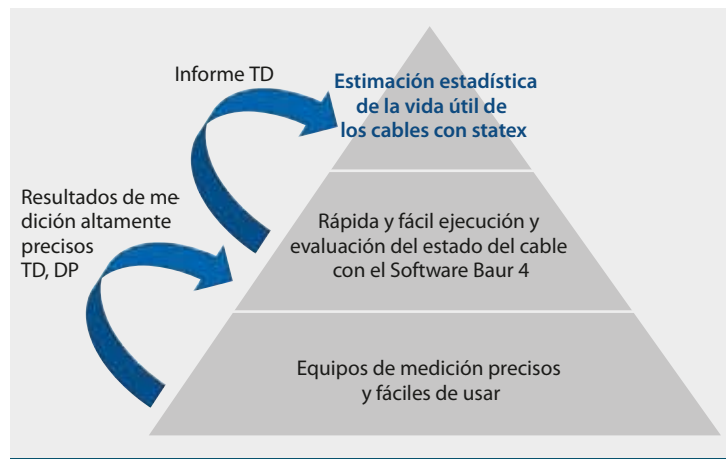


Figura 3. Con el nuevo software statex, a partir de los valores de la medición del factor de disipación, se puede predecir la vida útil residual de los cables de media tensión

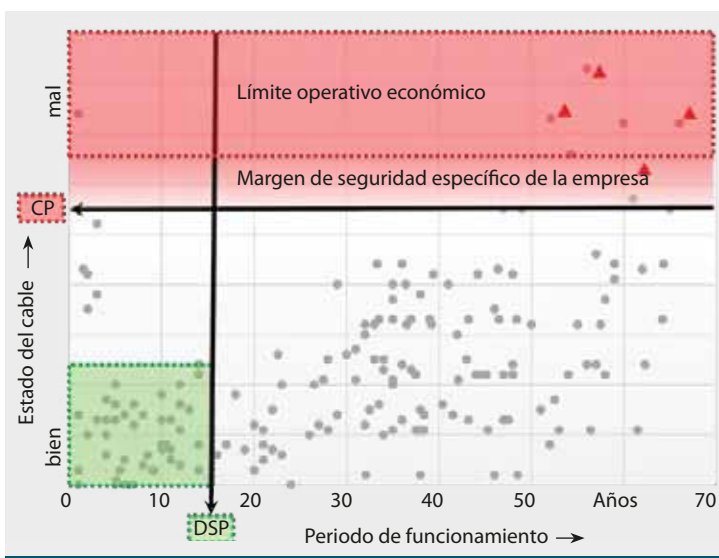


Figura 4. En los cables XLPE, lo habitual es que el proceso de envejecimiento no comience hasta después de diez años, cuando los antioxidantes presentes en el aislamiento del cable están desgastados y se forman las primeras arborescencias de agua

resultados, los gestores de activos pueden contar con una evaluación objetiva del estado de la red de cables, lo que les proporciona una buena base para decidir cómo planificar el mantenimiento.

Estimación estadística de la vida útil residual

Con el nuevo software independiente *statex*, los resultados de medición se pueden evaluar más ampliamente, sobre todo para cables con aislamiento plástico (ver figura 3). *statex* está distribuido exclusivamente por *Baur* (disponible en Argentina a través de la gestión comercial de *Vimelec*) y ha sido desarrollado conjuntamente con la compañía *Korea Electric Power Corporation* (*Kepeco*).

Con el fin de configurar un mantenimiento de redes lo más económicamente posible, *Kepeco* empezó a dedicarse intensamente al diagnóstico de cables hace aproximadamente diez años, y comparó los procedimientos que eran habituales por aquel entonces. Este operador de redes eligió la medición de descargas parciales y la

medición del factor de disipación con fuentes de tensión sinusoidal VLF (del inglés, "Very Low Frequency"). A continuación, desarrolló, en colaboración con la universidad coreana de Mokpo, un método y un software que permiten predecir la vida útil residual. *Baur* y *Kepeco* han desarrollado el software adecuado, que ahora se puede adquirir con el nombre de *statex*.

Hasta la fecha, el sistema se ha aplicado a los valores de medición de muchos miles de cables con aislamiento plástico. En rigor, se han incorporado alrededor de 90.000 resultados de medición.

Calcular el índice de envejecimiento a partir de los valores de medición

Para calcular la vida útil residual de un cable XLPE, son esenciales tres aspectos:

- » Cuándo comienza el envejecimiento
- » A qué velocidad progresa el envejecimiento
- » A partir de qué estado se clasifica el cable como crítico

En cuanto al momento en que comienzan a envejecer los aislamientos plásticos (ver figura 4), el centro de investigación *Kepeco* ha efectuado análisis para averiguarlo.

Para los cables de *Kepeco*, el punto de comienzo de degradación (DSP, por sus siglas en inglés) rondaba en promedio los 13 años. El índice de envejecimiento del cable medido es el resultado de

$$R = \sqrt{(TD_{norm}^2 + DTD_{norm}^2 + TD_{skirt}^2)}$$

" TD_{norm} " es el valor de tangente delta y " DTD_{norm} ", la diferencia (delta) de la tangente delta. " TD_{skirt} " indica con qué estabilidad se comporta el factor de disipación a lo largo de varios valores de medición, ya que en los cables con pérdida de aislamiento pueden detectarse indicios. Por ejemplo, el aumento o la disminución constante del valor tangente delta, o su fluctuación dentro de un ni-

vel de tensión, pueden dar indicios de su grado de envejecimiento.

Para determinar TD_{skirt} se traza una línea virtual entre el valor más grande y el más pequeño de tangente delta a partir de ocho mediciones consecutivas. Una tendencia lineal (ascendente) en los valores de medición señala una alteración en las pérdidas dieléctricas del aislamiento del cable. En cambio, una tendencia descendente o no lineal suele ser indicio de humedad o descargas eléctricas en uno o varios accesorios.

La medición del factor de disipación [...] es un procedimiento no destructivo para valorar todo el tendido de cable medido.

Determinar la vida útil residual con una sola medición de tangente delta

El índice de envejecimiento R se puede calcular mediante una medición del factor de disipación (ver figura 5). Si la medición se repite varias veces en el mismo cable, el software estadístico tiene en cuenta los nuevos resultados y afina el pronóstico (ver figura 6). A partir del índice de envejecimiento y la edad real menos el DSP, se puede calcular la velocidad de envejecimiento y, con ello, el periodo de tiempo en el que se alcanzará un punto crítico. Con el software, los usuarios pueden definir ellos mismos el punto crítico para cada tipo de cable y, de ese modo, incorporar un plus de seguridad individual. También se puede predeterminar el DSP.

Además de comunicar la vida útil residual estimada, el software recomienda cuándo se debe realizar el siguiente diagnóstico de cables o para cuándo se deben planear los trabajos de mantenimiento o la sustitución del cable.

Como información complementaria, *statex* proporciona, para el cable o los cables medidos, una visualización tridimensional de los valores de

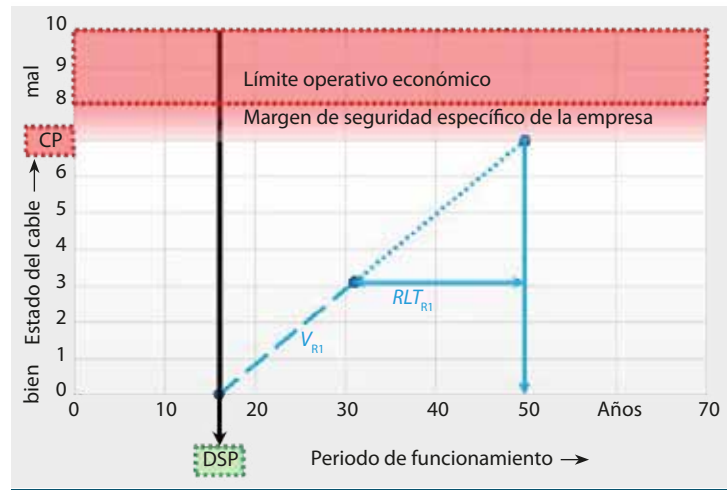


Figura 5. El software *statex* puede, mediante los valores de medición de tangente delta, calcular el índice de envejecimiento y estimar la vida útil residual del cable

medición (ver figura 7). En esta visualización en 3D, los usuarios pueden ver comparativas con otros valores de medición propios o resultados de *Kepeco* guardados en *statex* y comparar entre sí los estados de los cables.

Predicciones más fiables sobre la vida útil residual

En *Kepeco*, *statex* se utiliza desde hace ya algunos años. Gracias a este software, fue posible posponer algunas inversiones al determinar que los cables medidos estaban, de media, en un estado mejor que el que su edad permitía suponer. En los cables más antiguos, el número de averías por kilómetro era incluso menor que en los cables que aún no habían alcanzado el DSP (en este caso: 13 años). Si *Kepeco* hubiera planificado sus inversiones en sustituciones basándose en la medición del factor de disipación y en la evaluación según IEEE 400.2, habría tenido que cambiar 255 de los 15.000 kilómetros de cable medidos. Sin embargo, *statex* permitió calcular que solo se debían cambiar urgentemente 54 kilómetros de cable. En comparación con los criterios del IEEE, el resultado fue, en promedio, una vida útil residual alrededor de once años más larga.

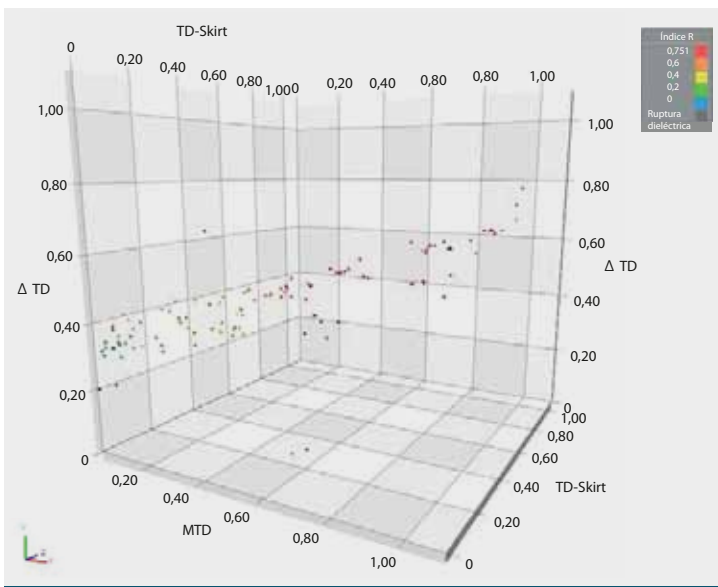


Figura 7. Visualización, en una gráfica tridimensional, del índice de envejecimiento R (véase la leyenda) de todas las fases medidas. Cada punto representa el estado de una fase medida.

Distintas versiones de software

Con *statex*, los clientes de *Baur* disfrutaban en exclusiva de la posibilidad de predecir la vida útil residual. El software se puede adquirir con distintos modelos de licencia:

- » *statex Core* permite el mantenimiento y la monitorización de datos de cable en la base de datos, así como su administración. Además, con la versión *Core* se puede calcular el índice de envejecimiento R, realizar un análisis del estado, crear una gráfica en 3D y elaborar informes.
- » *statex Pro* ofrece además una función que permite determinar la vida útil residual estadística. La versión *Pro* contiene un Life Time Wizard en el que los usuarios pueden introducir un DSP individual (el punto de inicio del proceso de envejecimiento) y un punto crítico basado en la experiencia propia. Junto con la licencia de software, se ofrece al cliente una formación introductoria de dos días en su propia empresa y otro curso de dos días para profundizar los conocimientos adquiridos. Mediante una licencia adicional, otros trabajadores pueden acceder a la base de datos de *statex Pro*.

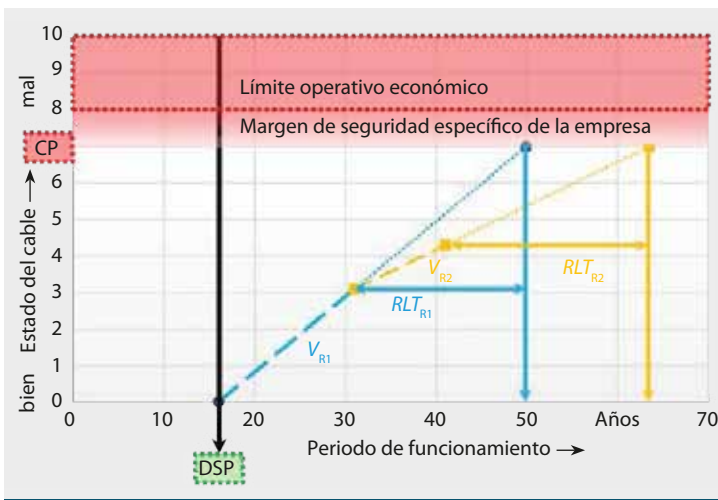


Figura 6. Si las mediciones se repiten, *statex* vuelve a calcular la vida útil residual

Información y recomendaciones al gestor de activos

Gracias a la combinación de la tecnología de medición VLF, el software *Baur* para mediciones y la interpretación inmediata de los valores, además de *statex* para la predicción estadística de la vida útil residual de los cables, los gestores de activos tienen a su disposición toda una serie de herramientas para optimizar aún más el costo del mantenimiento de sus redes de distribución. Gracias a los resultados que arroja *statex*, los cables de media tensión se pueden utilizar, en promedio, unos cuantos años más de lo que sería posible si se tomara como base su edad absoluta, la evaluación de su estado según criterios del IEEE o su clasificación según los valores de tangente delta. ■