



## **Nota Técnica: Gestión del Fin de la Vida de Transformadores**

### **Parte 2**

#### **1. Introducción**

En el presente artículo vamos a detallar los Factores que influyen en el Envejecimiento de los activos físicos energéticos en general y de los transformadores (potencia y distribución) en particular.

Ya en la Parte 1 habíamos iniciado una exposición resumida de este tema, en donde se establecieron los cinco factores principales en el proceso de desarrollo, así como a la gestión efectiva del envejecimiento de los activos físicos energéticos.

Teníamos:

- a) Edad del activo.
- b) Obsolescencia del espacio físico.
- c) Ingeniería no conforme.
- d) Distribución no óptima.
- e) Valores culturales no conformes.

Como ya comentamos en la Parte 1, siempre debemos tener presente en la gestión de un activo físico energético que se encuentra en un proceso avanzado de envejecimiento, que este hecho no necesariamente significará que el activo no podrá cumplir con las funciones para las cuales fue específicamente diseñado.

Lo importante a tener en cuenta, en estas condiciones, será el hecho de que el sistema eléctrico que contiene a este activo envejecido y operando, estará significativamente afectado por una mayor probabilidad de falla y en consecuencia de una menor Confiabilidad operativa.

A continuación detallaremos los factores mencionados.

#### **2. Edad del activo energético**

La baja Confiabilidad de un sistema eléctrico, se encuentra directamente relacionada con el envejecimiento de los activos que lo conforman.

Lo anterior va de la mano con el incremento de los costos de Operación y Mantenimiento, así como una consecuente caída en la calidad del servicio ofrecido a los clientes del suministro eléctrico.

La premisa fundamental, a tener en cuenta en el proceso de Gestión del Envejecimiento, es que tarde o temprano, en algún momento del tiempo de operación del activo envejecido, éste eventualmente fallará, dejando así de cumplir con sus funciones.

Sabemos que la tasa de falla de un activo envejecido no se mantiene constante en el tiempo, sino que mostrará una tendencia sostenida al crecimiento, con el transcurso del mismo.

Es decir, un subsistema eléctrico que posea mayor cantidad de activos envejecidos, tendrá una mayor probabilidad de fallar y por lo tanto una menor Confiabilidad asociada, en comparación con un subsistema que posea una menor cantidad de activos envejecidos.



Se pueden establecer las siguientes consecuencias ante este hecho:

- a) El activo envejecido fallado provocará una disminución importante en la calidad del suministro eléctrico a los clientes afectados. Se destaca que el índice de Confiabilidad, mostrará una tendencia a disminuir a lo largo del tiempo, establecido como intervalo de evaluación.
- b) Al aumentar la tasa de falla y consecuentemente la salida de servicio de los activos envejecidos, mayores serán los costos asociados, debido a las intervenciones por reparación, ante estados de emergencia y la posterior puesta en servicio.
- c) Se requiere una mayor intervención por inspecciones y ensayos sobre los activos envejecidos (por ej. transformadores), con el consecuente aumento de los costos, comparado con los asociados a los activos no envejecidos.
- d) Además, se va a necesitar de un mayor aporte de las Inspecciones y Ensayos, de forma tal de mantener controlado el estado de la condición del activo. Es así que, de este enfoque, se podrán detectar problemas antes de alcanzar el estado de falla, favoreciendo la implementación de intervenciones correctivas tempranas. Lo anterior llevará a una gestión más eficiente, pero atendiendo a que los costos asociados a las inspecciones y ensayos serán mayores, en relación a activos nuevos en operación.

Retomando, por lo general las empresas de energía no podrán reemplazar todos sus activos envejecidos, en base a criterios técnico-económicos, propios de cada una.

En tal sentido, se puede establecer un conjunto de acciones que permitan enfrentar la gestión del envejecimiento, sin necesidad de proceder al reemplazo de los activos. Tendremos:

- 1) Seguimiento detallado del estado de la condición del activo.
- 2) Ingeniería adecuada para encarar la restauración de componentes.
- 3) Adecuada operación del activo, dentro del contexto.
- 4) Adecuada implementación de la Ingeniería de Confiabilidad Operativa sobre el activo.
- 5) Adecuada Mantenibilidad e Ingeniería de Confiabilidad del Diseño.

Se desprende, de lo indicado previamente, que el objetivo de este enfoque será el de implementar acciones que permitan reducir, aunque sea levemente, la tasa de falla del activo envejecido, así como el de mantener bajo control las consecuencias de un eventual estado de falla.



### 3. Obsolescencia del espacio físico del sistema eléctrico

Este factor es, por lo general, uno de los que más peso poseen en la disminución de la Confiabilidad en el servicio eléctrico.

Corresponde al caso que se presenta cuando la infraestructura diseñada originalmente, queda relegada con los requisitos de demanda de carga actuales.

Podemos encontrarnos con deficiencias en la disposición física de las subestaciones en la etapa original, así como en los modos de interconexión de las mismas ante estados de contingencia actuales en el sistema de potencia.

Lo anterior se potencia con el aumento de la demanda en la carga, la cual difiere, desde el punto de vista del diseño, con la prevista en su origen (por lo general el doble de requerimiento).

Como consecuencia de la imposibilidad de adquirir o expandir el espacio físico (hay que tener en cuenta factores políticos y económicos), así como obtener derechos de paso, las compañías de servicio eléctrico se encuentran en la situación de incrementar la capacidad en los sitios ya emplazados.

Se desprende, de lo antedicho, que el efecto primario de esta decisión será la de disminuir la Mantenibilidad de los activos y por lo tanto se tendrá una menor Confiabilidad Operativa del sistema.

La otra opción, también con consecuencias negativas, será la de sobrecargar a los activos envejecidos con los nuevos requerimientos de la demanda.

En este último caso, se deberá prestar suma atención a la capacidad del alimentador primario del sistema de distribución, ya que habrá un punto de óptimo técnico a partir del cual éste se verá afectado en su desempeño y Confiabilidad.

El incremento de la carga sobre los sistemas envejecidos en infraestructuras obsoletas, llevará al desarrollo de tres posibles efectos perjudiciales, a saber:

#### a) Aceleramiento del envejecimiento del activo

Debido a que la tasa de falla de un activo energético es, por lo general, una función del estado de carga, debido al envejecimiento acelerado por los mayores niveles de temperatura asociados, se tendrá, en tal sentido, una mayor probabilidad de deterioro y de falla prematura del mismo.

La incidencia del factor por obsolescencia del espacio físico se materializa en aquellas áreas en donde el envejecimiento es significativo, por las causas que ya hemos comentado.

Ante estas situaciones se observará un incremento en la frecuencia de interrupciones en el servicio a los clientes, con una consecuente disminución del índice de Confiabilidad.

#### b) Incremento de los costos operativos



Operar a altos niveles de carga que exceden los originales de diseño de la infraestructura, llevará a un incremento de las pérdidas por efecto Joule, así como a caídas de tensión significativas en la instalación.

Las variaciones sistemáticas en las caídas de tensión, ocasionará operaciones no frecuentes de los conmutadores bajo carga de los transformadores de potencia, llevando a un estado de intervención por Mantenimiento Preventivo no planificado o no previsto.

Se desprende que, todos estos problemas tendrán como consecuencia directa el aumento de los costos operativos de la compañía.

c) Limitación de la capacidad de contingencia

Este caso se presenta cuando, ante un estado de contingencia por salida de servicio de un activo eléctrico fallado, no hay suficiente capacidad residual en el sistema para suministrar energía a los clientes.

Es decir, mantener el nivel de demanda requerirá un plan de redistribución, pero teniendo muy en cuenta que la carga deberá repartirse entre otros activos cercanos.

De tal forma, los activos operativos, quedarán sobrecargados y por lo tanto sin posibilidad de asumir un adicional de demanda de diseño.

#### **4. Ingeniería no conforme con el tiempo actual**

Como consecuencia del aumento en la exigencia de la demanda eléctrica, podemos decir que, las técnicas o métodos de Ingeniería, utilizados en el pasado, no serán efectivas en el presente.

Lo anterior impacta sobremanera, tanto en la operación como en el mantenimiento de los activos que ya han entrado en la etapa de Fin de la Vida.

Por ejemplo, el método de “contingencia N-1”, es una clara exposición de lo que hemos comentado.

El mismo se basa en asumir que el sistema mantiene su confiabilidad ante la falla de un componente del mismo, por lo que los N-1 componentes restantes poseen la capacidad de mantener operativo al sistema.

Sin embargo, este método ha demostrado, en la realidad, que no es suficiente para asegurar una Confiabilidad adecuada en el sistema eléctrico de potencia, en especial cuando éste se encuentra operado a una alta tasa de utilización (estados con eventos de altas solicitaciones).

Además, un sistema eléctrico que se encuentra sometido a un alto nivel de sollicitación, como consecuencia de un diseño deficiente o bien por operar a una alta tasa de utilización, será muy sensible a las variaciones de la carga (pronóstico de la carga).

En tal sentido, se ha observado que los pronósticos de carga no adecuados, utilizados en la planificación del despacho de energía, terminarán por debilitar la capacidad de contingencia, disminuyendo en consecuencia la Confiabilidad del sistema.



## 5. Distribución no óptima

El sistema de distribución se caracteriza por segmentar el despacho de la energía en diferentes áreas, a través de pequeñas proporciones.

Ningún otro componente del sistema eléctrico de potencia tiene la característica de dispersarse ampliamente, en una dada área, con la consecuente fragmentación de la energía entregada.

Otra característica de este sistema es la que se asocia al gran impacto que presenta la calidad de la energía entregada al cliente.

Podemos distinguir:

### a) Implementación inadecuada de las tecnologías modernas

Las configuraciones tradicionales de los sistemas de distribución se han diseñado para cumplir con el objetivo básico de transportar la energía eléctrica desde las subestaciones a los consumidores, en base a los requisitos de no provocar variaciones sustantivas en los niveles de tensión en los nodos de la red y entregar la demanda requerida con valores de factores de potencia normalizados.

Sin embargo, esta visión no es la adecuada para los tiempos actuales, ya que ésta establece una función de distribución enfocada en la transferencia de energía, sin tener en cuenta el concepto (aplicación y mejora) de Confiabilidad en el servicio al cliente.

En tal sentido, se requiere de un enfoque moderno que planifique y desarrolle los sistemas de distribución, a través del máximo aprovechamiento de los mismos, como un recurso para implementar la Confiabilidad del suministro al cliente.

### b) Existencia de recursos sin aprovechar

Se observa que los sistemas de distribución presentan estados de subutilización, en base a dos eventuales contextos:

- 1) Económico: se relaciona con lo visto en el ítem previo, atendiendo al enfoque tradicional de los sistemas de distribución como meros transportadores y difusores de la energía en la red. Se destaca un incremento de los costos en base a esta visión.
- 2) Confiabilidad: refiere a la incapacidad del sistema primario de distribución para favorecer la mejora en la Confiabilidad.

### c) Importancia estratégica requerida



La distribución representa un sistema complejo, en el sentido de que se debe tener en cuenta la diversidad de cargas con sus características dinámicas (picos transitorios), así como la falta de precisión en los niveles de demanda a despachar.

Lo anterior refiere a que la disponibilidad precisa de las cargas no es efectiva, por lo que se recurre a la estimación de las mismas.

Por tal motivo, se requiere de una estrategia para obtener el mayor valor posible en la operación y mantenimiento de un sistema de distribución ya existente o a proyectar.

El objetivo será el de realizar una planificación eficaz de la distribución.

## **6. Valores culturales no conformes con el tiempo actual**

Con motivo de la resistencia al cambio cultural, se observa que en una actividad específica del sector de energía eléctrica, aún se tiende a pensar y actuar en función de los preceptos culturales y de los objetivos predefinidos, los cuales se basaban en un sistema regulado e integrado verticalmente.

Lo antedicho se relaciona estrechamente con lo ya comentado en referencia a la implementación de cambios significativos en las instalaciones de distribución eléctrica, así como en las estructuras organizacionales y en el personal.

Es decir, se deberán establecer nuevos métodos, despojándose, en tal sentido, de viejos hábitos, en los sectores de Alta Gerencia, Ingeniería, Planificación, Mantenimiento y Operaciones, con el objetivo principal de adoptar nuevos enfoques de la Confiabilidad.

En este ámbito podemos establecer que, un buen servicio al cliente, una alta utilización de los activos físicos y una eficiente operación, serán los paradigmas principales que conformarán los valores a adoptar en la gestión.

Por lo tanto y atendiendo a lo comentado previamente, se requerirán cambios culturales dentro de las organizaciones que gestionan activos energéticos (en especial los eléctricos y electromecánicos).

Podemos detallar los siguientes cambios:

### a) Planificación y Guías

Se deberán revisar los planes de distribución y las guías de Ingeniería, incorporando los conceptos de desregulación y competencia.

También será importante revisar, entre otros, las características de las cargas, así como la relación entre el capital invertido y los costos operativos.

### b) Prácticas de protección y restauración del servicio

En esta situación se deberá orientar hacia un servicio con la menor cantidad posible de interrupciones al cliente, logrando implementar tecnologías modernas de protección que limiten la propagación de las salidas de sectores de la red, ante una falla en el sistema.



c) Presupuesto de base

También se deberán revisar las prácticas de elaboración y asignación de las partidas de los presupuestos, confeccionados durante el año previo.

Será muy importante tener en cuenta las funciones entre las distintas áreas de la organización (interrelaciones), durante todo el proceso de revisión.

d) Ingeniería de Confiabilidad

Se trata de abandonar la postura reactiva en la organización y migrar hacia una orientación cultural que promueva la previsión, a través del análisis de los registros operativos de los activos, identificando así los componentes o subsistemas con deficiente desempeño.

e) Diseño

Se deberán revisar y analizar las guías de diseño implementadas en la actualidad, de forma tal de evaluar las características asociadas, así como la forma en que se distribuyen los activos en las subestaciones (por ej. los transformadores). De igual manera para evaluar el dimensionamiento de los equipos de maniobras y protección.

Se requiere de una actitud crítica, estudiando y aprendiendo lo que otras organizaciones de energía han realizado y realizan mejor.

f) Priorización de los proyectos

Se deberá tener muy en cuenta que los modelos de priorización de los proyectos implementados en los esquemas de organizaciones reguladas e integradas verticalmente, no son eficaces ni eficientes en el tiempo actual.

Se destaca que no son capaces de asignar un presupuesto limitado o restringido, entre todos los proyectos necesarios y requeridos.

En la Parte 3 vamos a describir las características principales de la gestión de los activos envejecidos, así como los impactos negativos en los objetivos de la Gestión de Activos y los medios para proceder a tratarlos y atenuarlos.