

ANÁLISIS DE GESTIÓN DE ACTIVOS PARA LA DESINCORPORACIÓN DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA Y TRANSFORMADORES DE MEDIDA EN SUBESTACIONES DE TRANSELCA

Luis Carlos Escaño Rodríguez & Maria Beatriz Vergara Ochoa
TRANSELCA S.A E. S. P. Carrera 24 # 1A -24 Piso 18 Edificio BC Empresarial
Email: lescano@transelca.com.co & mvergara@transelca.com.co
Puerto Colombia - Colombia

1. Introducción

Como parte del Sistema de Gestión de Activos, en ISA – TRANSELCA se gestionan los activos desde sus cuatro etapas del ciclo de vida, iniciando desde la creación, operación, mantenimiento y desincorporación o disposición final. Durante la etapa operativa de los equipos, se establece en sus estrategias de mantenimiento, diferentes pruebas de rutina para medir variables de control que permitan identificar condiciones anormales en el desempeño de los activos para determinar definir puntos de falla o identificar deterioro de estos.

Teniendo en cuenta lo anterior, se cuenta con herramientas de análisis como el Índice de Salud, el cual permite cuantificar las principales causas que llevan a un transformador al fin de su vida útil y con esto, poder estimar un plan de inversión a corto y largo plazo con los equipos que se determinen que están cerca de su fin de ciclo de vida, con el objetivo de mitigar los diferentes modos de falla, gestionar los riesgos y reducir el impacto negativo a los usuarios finales. Por su parte, para los transformadores de medida se establecen pruebas de rutina que permiten determinar la condición del equipo y los parámetros de variables, tales como Factor de potencia, capacitancia y resistencia de aislamiento, los cuales determinan el desempeño del equipo y ayudan a identificar modos de falla no reparables que derivan en la decisión de renovación.

Adicionalmente, se considera para los Transformadores de potencia y Transformadores de medida, una calificación que resulta del análisis de las reglas de diagnóstico a través del cual se puede determinar la condición del equipo y cruzado con la criticidad definida para la unidad constructiva, se establece las prioridades para la renovación de los equipos que se encuentren condicionados por alguna de las variables de análisis, marcando una línea base para la estructuración del presupuesto de inversiones con objeto de la renovación del plan de optimización de activos (POA).

El presente resumen, tiene como objetivo presentar el análisis técnico realizado para la desincorporación de equipos, mediante el uso de herramientas de Gestión de Activos implementadas en ISA TRANSELCA, teniendo como base de análisis, los criterios de Costo, Riesgo y Desempeño (CRD).

2. Marco Teórico

Transformador de potencia: un transformador de potencia es un dispositivo que cambia los valores de tensión de un circuito de corriente alterna, conservando su potencia. Se utilizan en subestaciones de distribución, centrales de generación y en usuarios de grandes potencias. [1].

Transformadores de medida: los transformadores de medida son dispositivos que se encargan de convertir las tensiones y corrientes de

una red eléctrica en valores medibles. Esto permite que se puedan controlar mediante instrumentos de medición o relés de protección. [1].

Estrategia de mantenimiento: Asegurar que un equipo o sistema cumpla su función durante su ciclo de vida, logrando un balance entre los costos, el riesgo y su desempeño [1].

Mejora continua: Implementar y aplicar de forma sistemática y proporcional un proceso de mejora continua bajo enfoque de gestión de activos [1].

Gestión del cambio: evaluar los riesgos introducidos/generados por las mejoras propuestas, estableciendo controles que permitan minimizar los efectos adversos, estos controles deberán ser proporcionales al riesgo evaluado. [1].

Modo de Falla: es una causa de falla o una posible manera en la que un sistema puede fallar de acuerdo con las funciones definidas para el equipo [1].

Mejorabilidad: es un instrumento de priorización en la gestión de los Activos, que permite enfocar esfuerzos y recursos en los activos que tienen mayor potencial de mejora, para lograr desarrollar las tareas y definiciones adicionales en los activos más críticos para el sistema. [1].

Criticidad: es un índice de la importancia de un activo en el sistema teniendo en cuenta las siguientes variables requerimiento legal, afectación al recurso humano, afectación a la reputación, afectación a la remuneración mensual, afectación al medio ambiente, impacto operativo y costos de reparación y/o reposición y la probabilidad de ocurrencia de estas fallas [1].

Análisis de riesgos: Conjunto de técnicas para identificar, clasificar y evaluar los factores de riesgo. Es el estudio de consecuencias nocivas o perjudiciales, vinculadas a exposiciones reales o potenciales [1].

Reglas de diagnóstico: corresponden a una serie de criterios recopilados de normas internacionales y definidos a partir del conocimiento de los grupos técnicos [1].

Índice de salud: es una herramienta práctica que combina los resultados de las inspecciones en campo, las observaciones de operación y las diferentes pruebas realizadas a los equipos, para proporcionar la condición de salud de los activos [1].

Calificación de equipo: La calificación de equipo, es el resultado del proceso de evaluación de la condición de los equipos, la cual inicia en campo con la toma de mediciones, ya sean numéricas o cualitativas, las cuales deben ser ingresadas a SAP. Automáticamente en SAP se evalúan y como resultado se entrega un "numero", el cual indica la condición del equipo. [2]

Cuestionamiento: condición de calificación en 0, 1 o 2 que indica que una o más variables se encuentran fuera de los límites definidos e implican riesgos en la operación. [2]

Desempeño de equipo: Comportamiento del equipo de acuerdo con la condición de las variables medibles. [2]

Algoritmo de calificación: programación de los criterios definidos en las reglas de diagnóstico, de tal manera que los equipos pertenecientes a un tipo de familia serán calificados con los mismos criterios, pero con valores particulares por equipo. [2]

3. Antecedentes

En 2015 se inicia la implementación del Sistema de Gestión de Activos en ISA TRANSELCA con lo cual se estructura el macroproceso de Renovación o Disposición Final, tomando

relevancia metodologías como Condición de equipos, Salud de activos, Mejorabilidad y Criticidad, entre otros, claves para garantizar la gestión de los activos en su ciclo de vida con visión del Costo Riesgo y Desempeño.

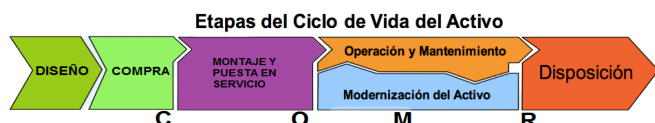


Fig 1. Etapas del ciclo de vida de los activos.

En el marco de la estructuración de la Estrategia de Renovación y Disposición Final, se identifica para Transformadores de potencia la necesidad de definir variables técnicas del desempeño del activo, para determinar el requerimiento de la desincorporación y el tiempo óptimo que permita gestionar la renovación del equipo sin implicar riesgos sobre el sistema de potencia.

De igual forma, para los transformadores de medida determinar el requerimiento de renovación haciendo uso de análisis de tendencias, a variables técnicas medidas a través de pruebas eléctricas rutinarias de acuerdo con su estrategia de mantenimiento y la identificación de modos de falla no reparables o vencimiento de su vida técnica remanente.

Teniendo en cuenta lo anterior, se inicia el proceso para atender las necesidades de gestión de la información y toma de decisiones técnicas con criterios claros establecidos en la Gestión de Activos como los antes mencionados.

4. Metodología para la evaluación de transformadores de potencia y medida.

La toma de decisiones para desincorporación se realiza de forma anual a través del análisis de tendencias y valoración de variables técnicas definidas para determinar la condición del equipo.

Para el caso de los transformadores de potencia, se validan los siguientes criterios:

1. Tiempo en operación.
2. Condición de la parte activa.
3. Condición del aceite.
4. Resultados de pruebas eléctricas.
5. Condición de componentes.
6. Cargabilidad.
7. Exposición a eventos o fallas.

Como ejemplo, se presenta en la evolución de la calificación de un transformador de potencia de 90 MVA 220/110/34.5 kV, resultado de la aplicación de reglas de diagnósticos con los criterios antes mencionados:

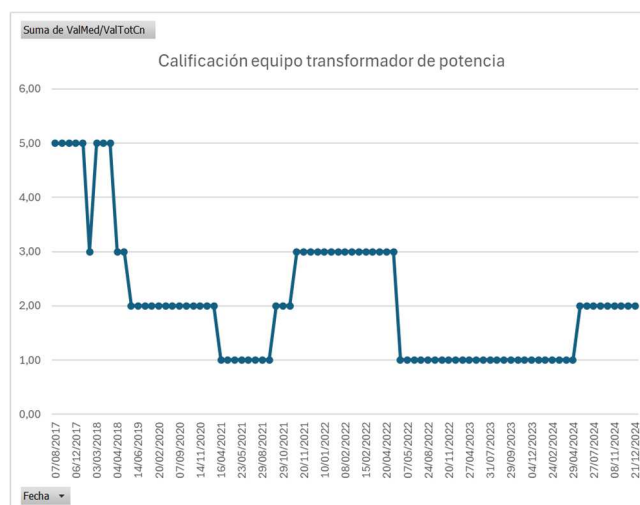


Fig 2. Evolución de la variable calificación de equipo para un transformador de potencia.

Como se evidencia en la gráfica anterior, a lo largo de vida útil del equipo se implementan acciones de mantenimiento orientadas a mejorar la condición cuando se presentan cuestionamientos en el desempeño del equipo, sin embargo, puede observarse en los últimos datos, la tendencia a permanecer cuestionado a pesar de las acciones correctivas realizadas para normalizar su condición.

Con lo anterior, se analizan las señales identificadas por el algoritmo de Índice de Salud, determinándose el valor de este y que puede ubicarse dentro de los criterios definidos en la tabla a continuación:

Prioridad de reemplazo	Nivel de riesgo	Tiempo para intervención
1	Muy alto	0-2 años
2	Alto	2-5 años
3	Bajo	5-10 años
4	Muy bajo	Más de 10 años
*	Emergencia	Inmediato

Fig 3. Priorización desincorporación de acuerdo con resultado de Índice de Salud.

Para el transformador del ejemplo el índice de salud se determinó en 1, con criterio Muy alto para renovación, considerando el impacto y riesgos para el sistema de potencia.

Adicionalmente, se calcula el índice de mejorabilidad y criticidad para la unidad constructiva del transformador, teniendo en cuenta variables como:

1. Requerimiento legal.
2. Afectación al recurso humano.
3. Afectación a la reputación.
4. Afectación a la remuneración mensual.
5. Afectación al medio ambiente.
6. Impacto operativo.
7. Costos de reparación y/o reposición.
8. Tasa de fallas.

Una vez definido el índice de Salud, desde el proceso de Renovación de Activos se ajusta el plan de renovación garantizando la disponibilidad de recursos para activos con mayor nivel de riesgo, menor tiempo de renovación (Índice de salud), mayor potencial de mejora (índice de mejorabilidad) y en unidades constructivas Críticas.

En la figura 4, se presenta la matriz de condición de equipos con el análisis de Condición del equipo (Calificación) vs Criticidad del Activo:

Condición/ Criticidad	Critico	Semicritico	Baja Criticidad
0	Red	Red	Red
1	Red	Red	Yellow
2	Red	Yellow	Yellow
3	Yellow	Yellow	Yellow
4	Yellow	Green	Green
5	Green	Green	Green

Fig 4. Matriz de condición de equipos versus criticidad de activos.

En las siguientes imágenes se presenta un ejemplo de renovación a un transformador de potencia, como resultado del proceso de análisis mencionado anteriormente.



Fig 5. Transformador de potencia renovado con índice de salud IH=1.



Fig 6. Nuevo Transformador de potencia en

unidad constructiva de la Fig 4.

El proceso de renovación de este transformador inicio en el año 2022 y fue finalizado en el año 2024, con el cambio del equipo, mitigando los riesgos en la operación del activo que atienden cargas críticas de distribución en la zona de Atlántico.

Adicionalmente, dada la condición del aceite del transformador, se evidencia una disminución en los costos de mantenimiento, por aplicación de estrategia que, dado el tiempo en operación del activo, el cual consideraba recurrencia en tomas de muestras periódicas por seguimiento. Es importante resaltar que, adicional a las consideraciones de índice de salud se realizan casos SALVO con la herramienta DST para determinar la decisión costo efectiva (Overhaul o Renovación).

Para los transformadores de medida se considera como variable de renovación la vida remanente del equipo y la existencia de modos de falla no reparables, desde la Evaluación del Mantenimiento se realiza seguimiento a las variables técnicas definidas para estos equipos, tales como:

- Factor de potencia.
- Capacitancia.
- Resistencia de aislamiento.
- Fuga de aceite.

Para aquellos equipos con incrementos en las variables técnicas, en comparación con los valores teóricos definidos por el fabricante del equipo, se definen las tareas de mantenimiento correctivo, con el objetivo de recuperar la condición del equipo y mejorar su calificación.

Una vez ejecutadas las actividades correctivas y verificado que no mejora la condición técnica, se reporta en la instancia de elaboración del

presupuesto o de forma inmediata dependiendo del análisis de riesgo, la necesidad de renovación del equipo, desencadenando la evaluación de la vida remanente y el inicio de procesos de compra hasta montaje final de los equipos.

En las siguientes imágenes, se presenta ejemplo que transformadores de corriente desmontados por vencimiento de vida útil y fuga de aceite sin resultados exitosos en actividades correctivas.



Fig 7. Transformador de corriente desmontado.



Fig 8. Nuevos Transformadores de corriente montados en unidad constructiva.

5. Conclusiones y recomendaciones

Se concluye que el proceso de renovación y disposición final para la desincorporación de equipos en unidades constructivas tiene su base en la definición de criterios y metodologías de la Gestión de activos, que permiten la toma de decisiones en función del Costo Riesgo Desempeño.

Con el análisis de tendencias se identifican puntos de falla que permiten construir la curva P-F para determinar el requerimiento de renovación ante el modo de falla no reparable.

Se resalta que la renovación adecuada y óptima de los equipos con la evaluación de las variables técnicas permite reducir los riesgos a la operación del sistema de potencia y atención a usuarios finales.

Las metodologías como Salud de activos, índice de Mejorabilidad y Criticidad marcan la línea base para establecer el plan de renovación otorgando criterios claros y sustentables que permiten evaluar los costos y tomar la decisión óptima de acuerdo con la condición de los equipos y el entorno operativos del activo en el que se encuentran disponibles.

6. Referencias bibliográficas.

[1] Documento interno Transelca, PEGA 6.1 30_03_24 – Definiciones.

[2] Documento interno Transelca, MTN_Diccionario Algoritmos de Calificación – Definiciones.

[3] Documento interno Transelca, 05-Usos- Información-Evaluación – Definiciones.

[4] Documento interno ISA- Metodología para el

cálculo de índice de salud – Definiciones.

Luis Carlos Escaño Rodríguez, ingeniero eléctrico de la Corporación Universitaria De La Costa, especialista en gerencia de proyectos de la universidad Tecnológica de Bolívar con más de 18 años de experiencia en el sector eléctrico. Actualmente labora como ingeniero de mantenimiento a equipos de subestación con énfasis en equipos inductivos (transformadores de potencia) en la empresa TRANSELCA S.A. E.S.P., participando en los procesos de planeación, operación y ejecución de mantenimiento y renovación de activos de subestaciones de media y alta tensión, todo esto con el fin de garantizar la confiabilidad, seguridad y disponibilidad de los equipos del Sistema de Transmisión de Energía Eléctrica, de acuerdo con la normatividad interna de la compañía y la regulación vigentes.

Maria Beatriz Vergara Ochoa, ingeniera electricista de la Universidad Del Norte en Barranquilla, con más de 8 años de experiencia en el sector eléctrico. Actualmente labora en la empresa TRANSELCA S.A E.S.P., como Analista de Evaluación del Mantenimiento de subestaciones eléctricas de alta tensión, encargada de evaluar y actualizar las estrategias de mantenimiento, administrar y ejecutar el mantenimiento a los equipos de corte, componentes de la infraestructura de la subestación, proyectos de innovación y renovación de activos, todo esto con el fin de garantizar la confiabilidad, seguridad y disponibilidad de los equipos del Sistema de Transmisión de Energía Eléctrica, de acuerdo con la normatividad interna de la compañía y la regulación vigente.