



CAPÍTULO 1

GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCIÓN.

En los sistemas eléctricos de potencia, las subestaciones de distribución son las instalaciones que interconectan las líneas y de alta tensión a las redes de media tensión para el suministro de energía eléctrica a usuarios en alta, media y baja tensión.

El equipo primario de las Subestaciones debe mantenerse en las mejores condiciones operativas, para reducir las probabilidades de falla; garantizando así, la continuidad del servicio.

Analizando lo anterior, es necesario que los trabajos de preparación del equipo primario para su puesta en servicio y las actividades de mantenimiento sean de calidad, para evitar la salida prematura del equipo en operación.

El presente trabajo es de utilidad para el personal encargado del mantenimiento al equipo eléctrico primario, en especial para el Ingeniero de subestaciones y técnicos de mantenimiento, con la finalidad de proporcionar los elementos fundamentales de información y apoyo en la manera de efectuar y evaluar las pruebas.

Los resultados obtenidos en las pruebas, deben cumplir con los valores que se mencionan en el presente procedimiento que serán la base para decidir si el equipo que se encuentra en operación requiere de mantenimiento o la puesta en servicio de un nuevo equipo es apropiado.

El procedimiento se ha elaborado aprovechando la experiencia del personal técnico, e información que posee la Comisión Federal de Electricidad en sus Divisiones de Distribución.

1.2 OBJETIVO.

Unificar criterios sobre la forma de realizar pruebas de campo al equipo primario de las subestaciones de distribución y proporcionar la información básica para interpretar y evaluar resultados de las mismas.



1.3 ANTECEDENTES.

El comité de distribución Sur-Sureste, en el año de 1981 formuló el "Procedimiento de Pruebas de campo para Mantenimiento Eléctrico en Subestaciones de Distribución", con la finalidad de que el personal de campo, encargado del mantenimiento de subestaciones, contara con un manual apropiado para ello.

En el año de 1985 se revisó el procedimiento, agregándole más temas al capítulo de transformadores de potencia y se corrigieron algunas figuras para realizar las pruebas.

Durante 1991 se modificó la estructura del procedimiento, organizándolo con base a cada uno de los equipos primarios en lugar del anterior agrupamiento que consideraba el tipo de prueba. Al mismo tiempo se complementó y se le efectuaron diversas correcciones, limitándose además su contenido a únicamente los equipos primarios, debido a que dispositivos tales como tableros, protecciones, etc., se trataban en la anterior edición, solo de manera superficial; debiendo ser materia de otra especialidad, no obstante representar una de las partes fundamentales de una subestación eléctrica.

La revisión de 1993 se vio enriquecida con las aportaciones del comité de Distribución Centro-Occidental, principalmente en aspectos teóricos y de análisis. Por otra parte se le dio una nueva conformación en base a capítulos independientes según la estructura dada en la revisión de 1991, mediante un sistema de hojas sustituibles que le dio un mayor dinamismo en los aspectos de aplicación, revisión y actualización.

Durante esa revisión, el documento fue boletinado con dicha estructura, a todas las Divisiones para comentarios finales, habiéndose recibido observaciones sobre ligeras correcciones al texto y algunas de las figuras; además de manera importante los capítulos relacionados con puntos calientes y reguladores se vieron complementados con las propuestas de las Divisiones Norte y Golfo Norte respectivamente.

En la revisión 2004 se toman en cuenta las facilidades que brindan las diversas herramientas informáticas disponibles, por lo que, su presentación final está en base a archivos de un procesador de texto, los cuales son considerados como "archivos maestros", quedando a cargo de la Coordinación de Distribución para su resguardo y control. En ella se incluyeron, nuevos capítulos y secciones correspondientes a:

- Subestaciones encapsuladas en SF₆,
- Tableros blindados o metal-clad,
- Ensayo de reactancia de dispersión para transformadores de potencia,
- Medición de respuesta a la frecuencia para transformadores de potencia,



- Prueba de media tensión con muy baja frecuencia (VLF) para cables de potencia,
- Medición de Impedancia, Conductancia o Resistencia interna de Bancos de Baterías.

A diferencia de las anteriores revisiones, en ésta se tuvo la participación directa de representantes especialistas de todas y cada una de las divisiones, además de la colaboración de personal de la Gerencia de LAPEM y del área de Redes Subterráneas. Es importante también señalar la participación de un dibujante y del personal de oficina, que intervinieron en la labor de edición y conformación final del documento.

En la presente revisión 2007, se incluyen las modificaciones a formatos de prueba y reestructuración de los capítulos:

- 11 "Capacitores"
- 14 "Fluidos Aislantes" y
- 18 "Subestaciones encapsuladas aisladas en Gas".

Adicionalmente los formatos para las diferentes pruebas y estadísticas históricas de los resultados obtenidos se incorporan al Sistema Integral de Administración de Distribución SIAD en su módulo "Hojas de Prueba a Equipo".

1.4 POLÍTICAS.

Contar con un documento de consulta, para realizar pruebas de campo al equipo primario de las subestaciones de distribución; así como, para analizar y evaluar sus resultados, con la finalidad de normalizar su ejecución e interpretación.

El presente documento, es un procedimiento técnico general y controlado de aplicación nacional y debe de servir como base para la elaboración de cualquier otro documento o instructivo de trabajo, relacionado con el mantenimiento a equipo primario de subestaciones de distribución.

En función de la normatividad interna vigente, este procedimiento debe revisarse como máximo cada dos años.

1.5 MARCO LEGAL.

Ley del servicio público de energía eléctrica.

Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE- VIGENTE. Instalaciones Eléctricas (Utilización)



1.6 DESARROLLO.

El presente documento, describe en su primera parte, las generalidades del mantenimiento y los tipos de éste que se aplican al equipo eléctrico; también, se describen en forma breve, algunas de las principales pruebas de fábrica que se realizan al equipo eléctrico primario para subestaciones.

El objeto principal, es exponer las Pruebas de Campo describiendo; su teoría, aplicación, recomendaciones para su ejecución y las figuras de conexión de las mismas. Contiene también los formatos para registrar los resultados y proporcionar la información correspondiente para su evaluación; así mismo, se mencionan las pruebas que se realizan a Bancos de Baterías y Red de Tierras, con las mismas consideraciones que para el equipo primario.

Las pruebas de campo son actividades dentro de los trabajos de mantenimiento y puesta en servicio, que el personal lleva a cabo en forma periódica, con la finalidad de mantener índices de confiabilidad y continuidad aceptables.

1.7 GENERALIDADES DEL MANTENIMIENTO.

Con base en los resultados obtenidos de pruebas realizadas al equipo eléctrico, el personal responsable del mantenimiento, tiene los argumentos suficientes para tomar la decisión de energizar o retirar de servicio un equipo que requiera mantenimiento.

Para el mantenimiento del equipo, es conveniente considerar los aspectos siguientes:

- a) Archivo histórico, análisis de resultados y tendencias obtenidas en inspecciones y pruebas.
- b) Las condiciones operativas de los equipos y las recomendaciones de los fabricantes.
- c) Establecer las necesidades de mantenimiento, refacciones y herramienta especial requerida para cada equipo.
- d) Formular las actividades de los programas de mantenimiento.
- e) Determinar actividades con prioridad de mantenimiento para cada equipo en particular.
- f) Contar con personal especializado y competente para realizar las actividades de mantenimiento al equipo y establecer métodos para su control.



Al mejorar las técnicas de mantenimiento, se logra una productividad mayor, se incrementa la seguridad del personal y operativa del equipo, además se reducen los costos de los mismos.

Los tipos de mantenimientos que se pueden aplicar al equipo en operación, son los siguientes:

- Mantenimiento correctivo.
- Mantenimiento preventivo.
- Mantenimiento predictivo.

Para cada uno de ellos, se describen a continuación sus principales características y definiciones:

1.7.1 MANTENIMIENTO CORRECTIVO.

Es el concepto de mantenimiento más antiguo, puesto que permite operar el equipo hasta que la falla ocurra antes de su reparación o sustitución. Este tipo de mantenimiento requiere poca planeación y control, ocasionando interrupciones al servicio. Las desventajas de este, lo hacen inaceptable en las instalaciones, ya que el trabajo es realizado sobre una base de emergencia, la cuál resulta en un ineficiente empleo de la mano de obra, materiales y refacciones.

1.7.2 MANTENIMIENTO PREVENTIVO.

Las actividades de mantenimiento preventivo, tienen la finalidad de evitar que el equipo falle durante el período de su vida útil (ver figura 1.1) y la técnica de su aplicación, se apoya en el análisis de antecedentes históricos del equipo después de pasar el período de puesta en servicio, reduce sus posibilidades de falla, este tipo de mantenimiento basa sus actividades en aspectos de periodicidad, realizando pruebas y programando mantenimientos, con base a lo preestablecido para cada tipo de equipos.

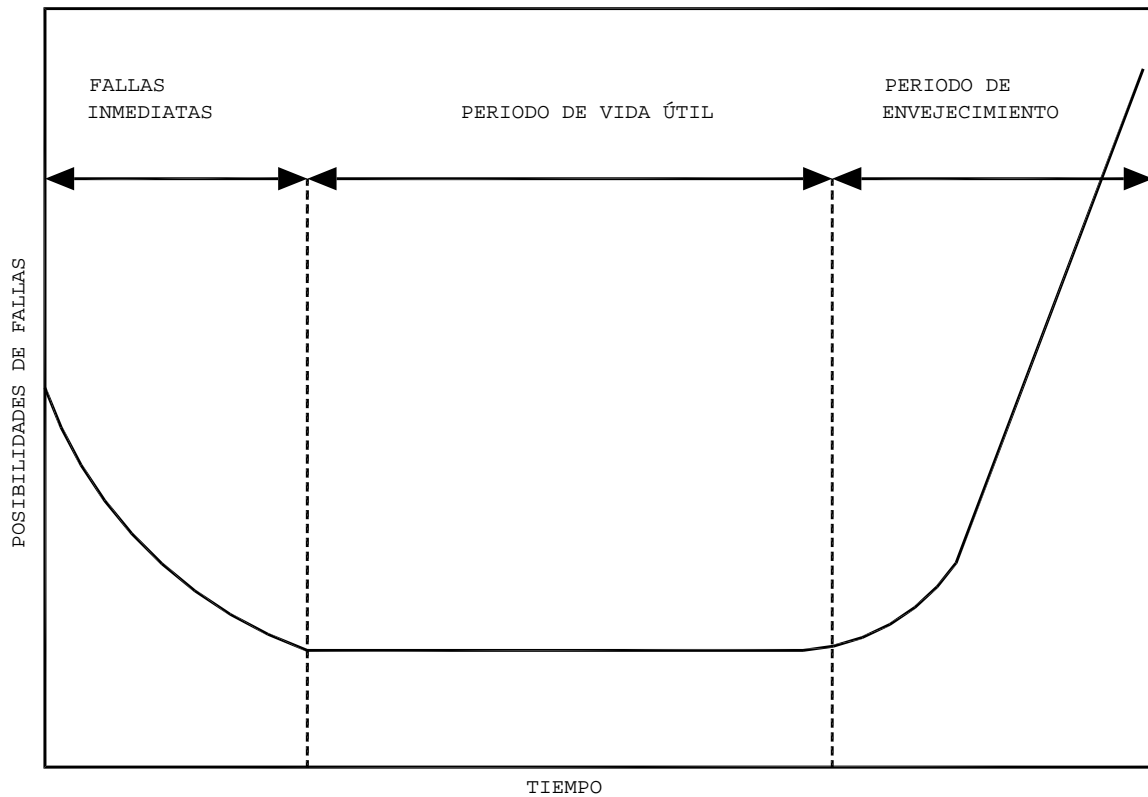


Fig. 1.1 CURVA DE VIDA ÚTIL

1.7.3 MANTENIMIENTO PREDICTIVO.

El tipo de mantenimiento predictivo, tiene como finalidad combinar las ventajas de los dos tipos de mantenimiento anteriores; para lograr el máximo tiempo de operación del equipo, se aplican técnicas de revisión y pruebas más avanzadas, requiere de controles rigurosos para su planeación y ejecución.

Además durante los últimos años, se han venido desarrollando diversas técnicas de diagnóstico tanto en línea como por muestreo que no requiere desenergizar al equipo primario, difiriendo los periodos de atención de aquellas pruebas tradicionales consideradas dentro del mantenimiento preventivo y que requieren necesariamente sacar de servicio el equipo.



1.7.4 PERIODICIDAD EN EL MANTENIMIENTO.

El aspecto de periodicidad para la atención de los equipos y dispositivos que conforman una Subestación Eléctrica, es un concepto que ha venido variando significativamente con el tiempo; producto principalmente del continuo desarrollo tecnológico alcanzado tanto en el diseño y fabricación de tales componentes, como en la implementación de nuevas y mejores técnicas de prueba, verificación, supervisión, monitoreo y diagnóstico.

No obstante lo anterior, y con el único propósito de establecer una referencia o guía práctica, dirigida sobre todo hacia aquel personal técnico que se inicia en estas actividades del mantenimiento a Subestaciones, se muestran en la tabla 1.1 algunas recomendaciones de periodicidades mínimas de mantenimiento a equipo primario.

Esta tabla, debe complementarse con las recomendaciones establecidas en los instructivos de mantenimiento y operación del fabricante, historial de operación, corrientes interrumpidas, medio aislante, medio ambiente, tipo de mecanismo, etc., que puede modificar la periodicidad requerida.

TABLA 1.1 RECOMENDACIÓN DE PERIODICIDAD MAXIMA DE MANTENIMIENTO EN EQUIPO PRIMARIO

EQUIPO	ACTIVIDAD	PERIODO	
		MESES	AÑOS
TRANSFORMADORES DE POTENCIA EN M.T. y A.T.	PRUEBAS ELECTRICAS		2
	ANALISIS DE GASES	6	
	MANTENIMIENTO, SECADO Y CAMBIO DE ACEITE EN CAMBIADOR DE DERIVACIONES Y DEVANADOS		10
	REPLAZO DE ACEITE A CAMBIADOR DE DERIVACIONES		5
	MANTENIMIENTO A SISTEMA DE ENFRIAMIENTO		1
	MANTENIMIENTO A EQUIPOS AUXILIARES		1
CUCHILLAS DESCONECTADORAS EN A.T.	LIMPIEZA, LUBRICACION Y ENGRACE DE RODAMIENTOS Y BARRAS DE ACCIONAMIENTOS		2
	PRUEBAS ELECTRICAS		3
TRANSFORMADORES DE CORRIENTE, POTENCIAL Y DISPOSITIVOS DE POTENCIAL EN A.T.	PRUEBAS ELECTRICAS		3
RED DE TIERRAS	PRUEBAS Y MANTENIMIENTO		3
BANCOS DE BATERIAS Y CARGADORES	MEDICION DE DENSIDADES, REPOSICION DE NIVELES Y VOLTAJES	1	
	LIMPIEZA DE CELDAS	1	
	REAPRIETE DE CONEXIONES Y LUBRICACION	1	
	REVISION Y LIMPIEZA DE CARGADORES	6	

Nota: Las tensiones para los equipos en subestaciones de distribución son en M.T. (desde 13.8 kV hasta 34.5 kV) y A.T. (desde 69 kV hasta 138 kV).

TABLA 1.1 RECOMENDACIÓN DE PERIODICIDAD MAXIMA DE MANTENIMIENTO EN EQUIPO PRIMARIO (CONTINUACIÓN)

EQUIPO	ACTIVIDAD	PERIODO	
		MESES	AÑOS
INTERRUPTORES DE POTENCIA SF6 y PVA EN A.T.	PRUEBAS ELECTRICAS		3
	MANTENIMIENTO A CAMARAS Y MACANISMOS		4
	CAMBIO DE ACEITE A CAMARAS		2
	MEDICION DE HUMEDAD RESIDUAL SF6		3
INTERRUPTORES DE POTENCIA SF6, PVA y VACIO EN M.T.	PRUEBAS ELECTRICAS		3
	MANTENIMIENTO A CAMARAS Y MACANISMOS		4
	CAMBIO DE ACEITE A CAMARAS		1
	MEDICION DE HUMEDAD RESIDUAL SF6		3
INTERRUPTORES DE GRAN VOLUMEN DE ACEITE	PRUEBAS ELECTRICAS		2
	MANTENIMIENTO A CAMARAS Y MACANISMOS		4
	CAMBIO DE ACEITE		4
	MANTENIMIENTO A MOTOCOMPRESORES Y AUXILIARES	6	
	MANTENIMIENTO A MECANISMOS NEUMATICOS		2

Notas:

- (1) Las tensiones para los equipos en subestaciones de distribución son en M.T. (Desde 13.8 kV hasta 34.5 kV) y A.T. (desde 69 kV hasta 138 kV).
- (2) Dependiendo de las condiciones de limpieza y lubricación del mecanismo de accionamiento que se tenga o respetando la recomendación de los fabricantes, lo que suceda primero.
- (3) El mantenimiento a cámaras dependerá de las operaciones y valores de corriente interrumpida.