

# Instituto Tecnológico de Morelia

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

PROGRAMA DE GRADUADOS E INVESTIGACIÓN EN INGENIERÍA ELÉCTRICA

## Método de Optimización del Periodo de Mantenimiento de Equipos de Sistemas Eléctricos: Interruptores de Potencia.

### T E S I S

Para obtener el grado de:

**Maestro en Ciencias en Ingeniería Eléctrica**

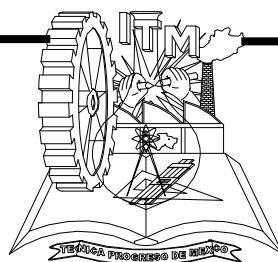
Presenta:

**Juan Carlos Vargas Lira**

Director de tesis  
**Dr. Francisco Rivas Dávalos**

Co-director de tesis  
**Dr. Jorge E. Cota Félix**

Morelia, Michoacán, México. Noviembre 2011.



---

# Resumen

---

El mantenimiento es una actividad esencial para mantener buenos criterios de confiabilidad, seguridad y continuidad en la operación de sistemas eléctricos de potencia; sin embargo, la degradación y envejecimiento de los equipos da lugar a fallas y mal funcionamiento de los equipos que resultan en eventos que afectan la confiabilidad, seguridad, continuidad y economía de los sistemas eléctricos de potencia.

El mantenimiento ayuda a evitar o reducir la probabilidad de falla y mejorar la confiabilidad de los equipos; debido a la importancia de la confiabilidad de los sistemas eléctricos los investigadores han sido motivados a diseñar mejores estrategias de mantenimiento que midan el efecto del envejecimiento y mantenimiento en la confiabilidad de los equipos eléctricos.

Las estrategias de mantenimiento en la actualidad tienen el compromiso de obtener resultados tanto a nivel operativo, técnico como a nivel económico, es a lo que hoy en día se le conoce con el concepto de calidad total y está sujeto a un eficiente uso de la administración de los recursos. Por tal razón, las estrategias de mantenimiento están orientadas a obtener una optimización del mantenimiento.

Esta tesis presenta un método basado en técnicas matemáticas probabilísticas basadas en datos estadísticos que determinan el periodo óptimo de mantenimiento para los modos de falla más importantes de interruptores de potencia de la red de subtransmisión de Morelia, Michoacán.

La optimización del periodo de mantenimiento es calculada considerando la función de riesgo o probabilidad de falla utilizando la función de distribución de probabilidad de Weibull y el costo total de mantenimiento para modos de falla de interruptores.

El método de optimización desarrollado, permite determinar el intervalo de mantenimiento que equilibre el mínimo costo, confiabilidad optima y mayor desempeño; además de cuantificar el efecto del envejecimiento y el mantenimiento preventivo en la confiabilidad de los equipos.

# Índice

---

---

Capítulo 1 Preliminares .....	1
1.1 Introducción.....	1
1.2 Revisión bibliográfica. ....	2
1.3. Planteamiento del problema.....	5
1.4 Justificación.....	7
1.5 Objetivos. ....	7
1.6 Estructura de la tesis.....	8
Capítulo 2 Confiabilidad .....	9
2.1 Introducción.....	9
2.2 Función de distribución acumulativa, función de confiabilidad y función de densidad de distribución. ....	9
2.3 Función de riesgo.....	12
2.4 Comportamiento de la tasa de falla a través del tiempo. ....	14
2.4.1 Fallas infantiles.....	14
2.4.2 Fallas aleatorias o tasa de falla constante.....	15
2.4.3 Fallas de desgaste o de fin de vida.....	15
2.5 Distribución de probabilidad de Weibull .....	16
2.6 Modos de falla.....	19
Capítulo 3 Modelado de mantenimiento .....	20
3.1 Introducción.....	20
3.2 Mantenimiento.....	20
3.2.1 Tipos de mantenimiento.....	20
3.3 Efecto del mantenimiento sobre la confiabilidad .....	22

3.4 Costos del mantenimiento.....	25
3.5 Modelo de optimización del mantenimiento .....	28
Capítulo 4 Metodología .....	32
4.1 Introducción.....	32
4.2 Método propuesto para la obtención del mantenimiento óptimo .....	32
4.2.1 Paso 1.- Preliminares.	34
4.2.2 Paso 2.- Recopilación de datos históricos y técnicos del equipo.	34
4.2.3 Paso 2.- Cálculo de parámetros de la función de distribución de Weibull.	35
4.2.4 Paso 3.- Cálculo de los costos de mantenimiento preventivo y costos de riesgo por modo de falla.	39
4.2.5 Paso 4.- Minimización de la función de costo total.	40
4.2.6 Paso 5.- Calcular el efecto del mantenimiento preventivo aplicado a cada modo de falla sobre la función de riesgo del equipo en general	40
Capítulo V Casos de estudio .....	42
5.1 Introducción.....	42
5.2 Datos de la red.....	42
5.3 Primer caso de estudio .....	48
5.4 Segundo caso de estudio.....	52
5.4 Tercer caso de estudio.....	56
5.5 Impacto del mantenimiento en la función de riesgo total .....	61
Capítulo 6 Conclusiones .....	67
6.1 Introducción.....	67
6.2 Conclusiones.....	67
6.3 Aportaciones .....	70
6.4 Trabajos Futuros .....	70

Referencias ..... 74