

01167



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO**

**PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO  
PARA ALIMENTADORES DEL SECTOR FORANEO  
XOCHIMILCO**

**T E S I S**

**PARA OBTENER EL GRADO DE**

**MAESTRA EN INGENIERIA**

**AREA: PLANEACION**

**P R E S E N T A :**

**ING. TERESITA CHAVEZ AGUIRRE**



**DIRECTOR: DR. GABRIEL DE LAS NIEVES SANCHEZ GUERRERO**

**CIUDAD UNIVERSITARIA, MEXICO, D. F.**

**2000**

27/11/25



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

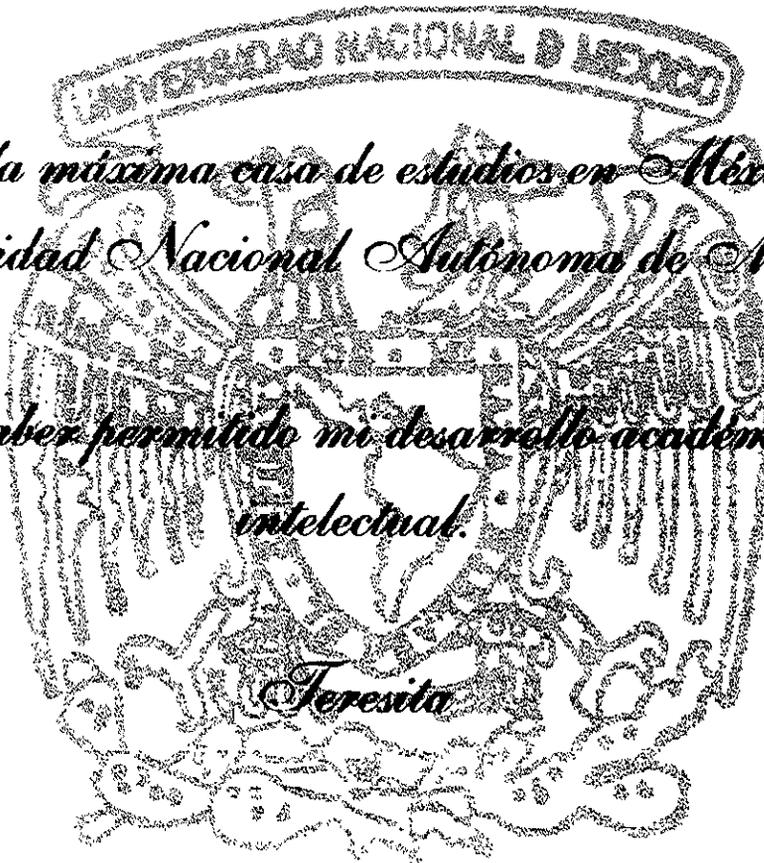
El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## *Agradecimiento*

*A la máxima casa de estudios en México  
Universidad Nacional Autónoma de México:*

*Por haber permitido mi desarrollo académico e  
intelectual.*

*Teresita*



## **ÍNDICE**

<b>Prefacio</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO 1</b>	
<b>ANTECEDENTES</b>	
<b>1.1 Antecedentes históricos de Luz y Fuerza del Centro</b>	<b>1</b>
<b>1.2 Tipos de redes aéreas utilizadas en la etapa de distribución de Luz y Fuerza del Centro</b>	<b>4</b>
<b>1.3 Tipos de redes aéreas utilizadas en la etapa de distribución de otras empresas suministradoras de energía eléctrica.</b>	<b>9</b>
<b>1.4 Características generales de un alimentador</b>	<b>13</b>
<b>CAPÍTULO 2</b>	
<b>DIAGNÓSTICO</b>	
<b>2.1 Ubicación del área de aplicación del presente manual.</b>	<b>16</b>
<b>2.2 Análisis del problema</b>	<b>19</b>
<b>CAPÍTULO 3</b>	
<b>PROPUESTA DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN</b>	<b>33</b>
<b>3.1 Elección del alimentador</b>	<b>35</b>
<b>3.2 Recorrido al alimentador elegido</b>	<b>36</b>
<b>3.3 Programación del mantenimiento preventivo</b>	<b>39</b>
<b>3.4 Aplicación piloto del programa</b>	<b>46</b>
<b>3.5 Conclusiones</b>	<b>49</b>

## **ANEXO**

<b>GLOSARIO DE TÉRMINOS ELÉCTRICOS</b>	<b>i</b>
<b>ELEMENTOS TEÓRICOS Y TÉCNICAS PARA EL ANÁLISIS</b>	<b>ii</b>
1. Técnicas heurísticas	ii
2. Herramientas estadísticas	v
3. Tipos de mantenimiento	vi
<b>PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE 1989 A 1998</b>	<b>xii</b>
1. Programas de mantenimiento preventivo aplicado en Luz y Fuerza de 1989 a 1992	xii
2. Programas y acciones de mantenimiento preventivo de Luz y Fuerza del Centro de 1994 a 1998	xvi
3. Programas de mantenimiento preventivo de otras empresas suministradoras de energía eléctrica	xxi
Caso de Chilquinta, en Chile	xxi
Nuevas opciones para el mantenimiento del derecho de vía en E.U.A.	xxv

## **BIBLIOGRAFÍA**

## PREFACIO

---

El constante desarrollo de las actividades realizadas por el hombre ha requerido de una interrelación cada vez mayor entre las empresas suministradoras de energía eléctrica y los usuarios. A través del tiempo los requerimientos de éstos han cambiado, en un principio sólo se enfocaban en los diferentes niveles de tensión que la empresa pudiese ofrecer; sin embargo debido a los adelantos tecnológicos, en las últimas décadas dichas necesidades han cambiado.

Actualmente la calidad en la energía eléctrica es requerida para asegurar la satisfacción de los usuarios.

Una empresa suministradora de energía eléctrica puede estar constituida por los sistemas de Generación, Transmisión y Distribución o puede contar con uno o hasta dos sistemas, según la actual tendencia de desregularización de las empresas eléctricas en el mundo. Sea cual sea el caso de las empresas, tradicionalmente a los sistemas de Distribución se les ha considerado poco relevantes para realizar estudios de confiabilidad, por ser considerados como sistemas que manejan niveles bajos de energía comparados con los niveles manejados en los sistemas de Transmisión y Generación; sin embargo en los últimos treinta años las personas que trabajan en los sistemas de Distribución han demostrado que el buen desempeño en los tres sistemas: Generación, Transmisión y Distribución es requerido para que los usuarios tengan un servicio de calidad; así que si se desea tener un sistema eléctrico capaz de satisfacer a los usuarios actuales no se debe descuidar ninguna área por pequeña que ésta sea. Es por ello que, entre los estudios desarrollados en los sistemas de Distribución se encuentra la afirmación de que el mantenimiento preventivo es una alternativa que tiene cualquier empresa suministradora de energía eléctrica para aumentar la confiabilidad del sistema. Al tener un programa de

mantenimiento, los sistemas de Distribución presentan un mínimo de fallas, minimizando el tiempo de interrupción a los usuarios, lo que asegurará la continuidad del servicio. Esta alternativa es viable ya que la empresa cuenta con los recursos humanos, técnicos y materiales necesarios para aplicar un mantenimiento preventivo sistematizado.

El objetivo del presente programa es ayudar a elevar la confiabilidad a través de la aplicación sistematizada de un programa de mantenimiento preventivo en los alimentadores, que a lo largo de su comportamiento han presentado un número considerable de fallas a pesar de haber recibido mantenimiento anteriormente.

Este programa es aplicable a los alimentadores conflictivos que se encuentran bajo el cuidado del Sector Foráneo Xochimilco y que podrá ser modificado y enriquecido una vez en la práctica por parte de los ingenieros encargados del mantenimiento preventivo en dicho Sector.

Después de revisar los trabajos realizados por otras compañías suministradoras de energía eléctrica, se encontró que cada empresa tiene un patrón diferente para realizar el mantenimiento preventivo de su sistema. Una vez integrado lo investigado en documentos –que son escasos- con la práctica se llegó a la aseveración de que los programas de mantenimiento no pueden ser generalizados, debido a las diferentes características físicas donde se encuentran los alimentadores.

Razón por la cual encontramos programas de mantenimiento completamente diferentes entre empresas e incluso dentro de las mismas. Como es el caso de Luz y Fuerza del Centro, específicamente en el Sector Foráneo Xochimilco, que ha desarrollado diversos programas de mantenimiento preventivo durante dos décadas debido a la existencia de alimentadores que se encuentran en zonas

totalmente diferentes. Estas zonas se identifican como: zonas urbanas, zonas con alta resistividad y zonas con alto nivel freático, los alimentadores de éstas dos últimas zonas son los que han contribuido notoriamente a elevar el tiempo de interrupción por usuario a pesar de haber recibido mantenimiento; a estas zonas nos referiremos como la zona montañosa y la zona arbolada, durante el estudio.

Este programa de mantenimiento pretende sistematizar las acciones que modificarán el comportamiento de los alimentadores conflictivos debido a fallas que se presentan frecuentemente, así como las fallas que solo se originan en determinada época del año.

El presente trabajo tiene tres capítulos: Antecedentes, Diagnóstico, y la Propuesta del Programa de Mantenimiento Preventivo, así como un anexo donde se encuentra un glosario de términos eléctricos, los elementos teóricos y técnicos para el análisis y algunos programas de mantenimiento preventivo antecesores al presente programa.

En el capítulo 1. Antecedentes. Se encuentran los datos sobre la empresa Luz y Fuerza del Centro, así como las referencias técnicas de los sistemas de Distribución.

En el capítulo 2. Diagnóstico. Podemos apreciar la aplicación de diferentes Técnicas Heurísticas para Planeación utilizadas para la elaboración del programa, primero mediante un mapa conceptual se ubicó su área de aplicación, posteriormente para analizar las fallas en los alimentadores de la zona montañosa y la zona arbolada, se aplicó un análisis causa-efecto para determinar las causas de las fallas más frecuentes y sus efectos para posteriormente generar las alternativas de solución en las diferentes zonas asimismo, realicé un KJ para

**obtener las causas que generan las fallas que sólo se originan en ciertas épocas del año y sus posibles soluciones.**

**En Capítulo 3. Propuesta del Programa de Mantenimiento Preventivo. Se encuentra la propuesta del Programa de Mantenimiento Preventivo, como resultado del estudio de los documentos existentes sobre el tema y el análisis de las condiciones propias del sistema.**

**Como información adicional existe un anexo de tres partes: la primera corresponde a un glosario de términos eléctricos, la segunda a las bases técnicas y teóricas que sirvieron para desarrollar este trabajo, y finalmente una pequeña recopilación de algunos programas de mantenimiento preventivo en diversas empresas de 1989 a 1998.**

**El presente trabajo fue realizado con el apoyo de un grupo de profesionales en diferentes áreas a quienes reconozco y agradezco el haber compartido conmigo sus conocimientos, sus experiencias y sobre todo su auténtica opinión sobre mi trabajo.**

**Finalmente concluyó que, este programa propuesto sistematiza y enriquece al mantenimiento preventivo aplicado al Sector Foráneo Xochimilco.**

**Ing. Teresita Chávez Aguirre**

# CAPÍTULO 1

## ANTECEDENTES

---

En todos los países del mundo incluyendo México, el sector de energía eléctrica es base fundamental para el crecimiento a largo plazo de la economía. Los mercados del sector eléctrico, de los más integrados en el mundo, comparten tendencias similares en cuanto al comportamiento de oferta y demanda, tecnología y esquemas organizacionales entre otros factores. En nuestro país el sector eléctrico ha evolucionado en forma paralela con el resto del mundo, fijándose una meta primordial: Proporcionar un servicio eléctrico a satisfacción del cliente. Por ello ha sido necesario mejorar e innovar en cada uno de los subsistemas que lo forman: Generación, Transmisión y Distribución, siendo esta última etapa donde el presente trabajo se desarrolló.

### 1.1 Antecedentes históricos de Luz y Fuerza del Centro

El 10 de septiembre de 1902 se organizó, en Toronto, Canadá, la empresa Mexican Light and Power Company, Limited, con un capital inicial de 12 millones de dólares, dividido en 120,000 acciones de 100 dólares cada una, para satisfacer la demanda de energía eléctrica en la zona central del país.

A seis meses de su constitución adquirió los derechos para utilizar las caídas del Río Necaxa, - concesión que originalmente se había conferido al francés Arnold Vaquié, representante de la Société du Necaxa en 1895-; El Congreso de la Unión autorizó dicho traspaso el 24 de marzo de 1903 y el gobierno permitió ampliaciones y reformas a la concesión, con lo cual el mercado de la empresa, se constituyó por la zona de la Ciudad de México, Puebla, Orizaba y las minas de El Oro y Pachuca.

Una vez adquirida la empresa inglesa Mexican Electric Works unos años más tarde, le fue traspasada la concesión que el tres de marzo de 1896 se había otorgado a los señores Siemens y Halske, facilitándosele la celebración de contratos con las propias autoridades del Distrito Federal y los Estados de Puebla, México y Michoacán para transmitir, distribuir y vender energía dentro de sus respectivas jurisdicciones.

Posteriormente, el 26 de junio de 1905, en la ciudad de Toronto, Canadá, se constituyó la Mexican Electric Light Company, Limited, con un capital de seis millones de dólares, cuyo objetivo fue la generación, transmisión, distribución y venta de energía eléctrica en territorio de la República Mexicana. Esta empresa adquirió los derechos y concesiones de la Compañía de las Fuerzas Hidroeléctricas de San Idelfonso, S.A. - propiedad de Ernesto Pugibetk-; así como los derechos del contrato concesión celebrado entre el Distrito Federal y la Mexican Gas and Electric Light Company Limited, con fecha 12 de septiembre de 1900, y las propiedades de esta compañía.

Posteriormente, la Mexican Light and Power Company Limited adquirió todas las acciones de la Mexican Electric Light Company Limited, y para consolidar los derechos de ambas empresas convinieron en fundir en un contrato las diversas concesiones de que eran concesionarias. El contrato se celebró el 30 de Junio de 1906 con la Dirección General de Obras Públicas del Distrito Federal y fue aprobado por el Congreso de la Unión según decreto publicado el 26 de noviembre del mismo año.

La nueva empresa se expandió a través las siguientes acciones:

Para aumentar su zona de operación, adquirió la Compañía Eléctrica Robert, S.A., proveedor de varias zonas del Distrito Federal.

En 1910, por medio de la Compañía Irrigadora y de Luz y Fuerza del estado de Hidalgo, S.A. , denominada posteriormente Compañía de Luz y Fuerza de Pachuca, S.A., adquirió los bienes y concesiones que venía operando la Compañía Eléctrica Irrigadora en el Estado de Hidalgo.

En 1915 se constituyó la Compañía de Fuerza de Zitácuaro, S.A., como subsidiaria de la Mexican Light, para aprovechar las aguas de los ríos de Tuxpan y Zitácuaro, sin embargo imposibilitada para llevar a cabo su objetivo, la empresa fue liquidada.

En 1912 adquirió la Compañía de Luz y Fuerza de El Oro, S.A., que se liquidó en 1923.

Por escritura del 26 de octubre de 1922, se formó una nueva subsidiaria de la Mexican Light: La Compañía de Fuerza del Suroeste de México, S.A., que con el correr de los años fue la subsidiaria más importante.

En el año de 1927, por medio de otras subsidiarias, la Compañía Mexicana Meridional de Fuerza, S.A., la Mexican Light obtuvo el control de la Compañía Hidroeléctrica del Río de la Alameda, S.A., que aprovechaba la energía hidrahúlica del río del mismo nombre en Tenancingo, México.

La compañía de Luz y Fuerza Eléctrica de Toluca, S.A., se adquirió a mediados de 1928.

La Compañía Mexicana Hidroeléctrica y de Terrenos, S.A., ambas también fueron empresas subsidiarias de la Mexican Light, organizadas de acuerdo con las leyes mexicanas con la finalidad de construir plantas generadoras y distribuir energía eléctrica en la Ciudad de México y estados circunvecinos. *Rodríguez ref [1].*

El 27 de septiembre de 1960, el Ejecutivo Federal decretó la nacionalización de la industria eléctrica, constituyéndose la Compañía de Luz y Fuerza y sus asociadas como una empresa de participación estatal.

En 1975 se declaró a la empresa en un estado de liquidación iniciándose un proceso para la total adquisición de las acciones aún en manos de inversionistas privados.

A partir de entonces y ante la indefinición de su situación la empresa tiene una dependencia financiera y administrativa que le impidió desarrollarse al mismo ritmo que la economía en el área que se atiende.

El 21 de diciembre de 1989, fue emitido un Decreto por el Ejecutivo Federal, que disponía la constitución de un organismo descentralizado con personalidad jurídica y patrimonio propio, que tendría a su cargo la prestación del servicio que venía suministrando la Compañía de Luz.

Finalmente, el 9 de febrero de 1994 fue emitido por el presidente de la República el Decreto que constituyó el nuevo organismo denominado Luz y Fuerza del Centro. *Espinosa ref [2]*.

1.2 Tipos de redes aéreas utilizadas en la etapa de distribución de Luz y Fuerza del Centro.

El sistema de potencia de cualquier compañía suministradora de energía eléctrica, se encuentra integrado por los subsistemas de generación, transmisión y distribución, este último subsistema está integrado a su vez, por tres componentes:

- Subestación de distribución (Entre 230 KV. y 115 KV.)
- Distribución primaria (6.6 KV , 13.2 KV., 23 KV.) y,

- Distribución secundaria o baja tensión ( 240 V y 120 V).

En nuestro país la electricidad llega a los usuarios a través de los sistemas de distribución, los cuales pueden presentar diferentes estructuras entre sí, la mayor parte de ellos (86%) son aéreos y el 14% son subterráneos. Para poder ubicar el área de aplicación de este trabajo, a continuación se describen las posibles estructuras que existen actualmente.

Una estructura de la red de distribución que se pretenda adoptar tanto en mediana como en baja tensión dependerá de los parámetros que intervengan en la planeación de la red, entre ellos encontramos:

*Densidad de población, Tipo de carga: Residencial, Comercial, Industrial, o Mixta; Localización geográfica de la carga, Área de expansión de la carga, y Continuidad del servicio.*

Un concepto importante para la construcción y estructura del sistema de distribución, es la calidad del servicio que se desee, pudiéndose subdividir esta característica en:

- Continuidad del servicio, y
- Regulación de la tensión, considerando:
  - ✓ Depresiones de voltaje.
  - ✓ Variaciones en el voltaje de alimentación y en la frecuencia.
  - ✓ La presencia de armónicas.
  - ✓ Presencia de picos e impulsos.

En forma generalizada, es posible enumerar las diferentes estructuras de mediana tensión que se emplean en la actualidad en los sistemas de distribución de Luz y Fuerza del Centro:

Estructura radial: Aérea, mixta y subterránea.

Estructura en anillos: Abierto, cerrado.

Estructura en mallas.

Estructura en doble derivación.

Estructura en derivación múltiple.

Estructura de alimentadores selectivos.

En cuanto a su operación, hay dos tipos de redes de distribución:

- Operación Radial.
- Operación en Paralelo.

#### Sistema de operación radial.

Es aquel en que el flujo de energía eléctrica tiene una sola trayectoria, de la fuente a la carga, de tal manera que una falla produce interrupción en el servicio. Este sistema de servicio de energía eléctrica es probablemente el más antiguo y comúnmente utilizado en la distribución de energía eléctrica, debido a su bajo costo y sencillez en la operación.

#### Sistema de operación en paralelo.

En un sistema de operación en paralelo el flujo de energía se divide entre varios elementos, teniendo más de una trayectoria.

La operación en paralelo se utiliza en las redes de baja tensión, con este tipo de redes se tiene una estructura sencilla en la red primaria, donde las subestaciones

están conectadas en simple derivación radial, y la continuidad está asegurada en la red de baja tensión por medio de la operación en paralelo.

### Estructura Radial.

En la estructura radial, la continuidad se encuentra limitada a una sola fuente, como anteriormente se mencionó y se emplea en los tres tipos de construcción:

- Red aérea.
- Red mixta.
- Red subterránea.

Red aérea. Este tipo de construcción se caracteriza por su sencillez, economía su adaptabilidad principalmente para:

1. Zonas urbanas con: Carga residencial, Carga comercial, y Carga industrial baja.
2. Zonas rurales con: Carga doméstica, Carga pequeña industrial (bombas de agua, molino, etc.).

En servicios importantes como hospitales, edificios públicos o fábricas, donde la naturaleza del proceso, no permite la falta de energía eléctrica en ningún momento, se les dota de doble alimentación, ya sea, con dos alimentadores de la misma subestación o de otra, independientemente de que la mayoría de los usuarios cuentan con plantas de emergencia con capacidad suficiente para alimentar sus servicios propios más importantes.

En este tipo de red está muy generalizado el uso de seccionadores, restauradores y fusibles, como protección de alimentador, para eliminar la salida de todo el circuito cuando existen fallas transitorias.

Red mixta. Es muy parecida a la red aérea; difiere de ésta en la instalación de sus alimentadores secundarios, ya que en vez de instalarse en los postes, se instalan

directamente enterrados. Esta red tiene la ventaja de eliminar gran cantidad de conductores aéreos, favoreciendo con esto la estética del conjunto y disminuyendo notablemente el número de fallas en la red secundaria, con lo que aumentamos la confiabilidad del sistema. El tipo de cable que por lo general se emplea es de aislamiento extruido directamente enterrado.

Red subterránea. Esta estructura se constituye con cables troncales que salen en forma "radiante" de la subestación y con cables transversales que ligan a los troncales. La sección de cable que se utiliza debe ser uniforme, es decir, la misma para los troncales y para los ramales.

La aplicación de este tipo de estructura es recomendable en zonas extendidas, con altas densidades de carga (15 a 20 MVA/km<sup>2</sup>).

Las redes subterráneas han visto favorecida su expansión en zonas urbanas con alta densidad de carga, debido a las ventajas que presentan ante las redes aéreas. Las principales son la confiabilidad de servicio y la limpieza que estas instalaciones proporcionan al medio. Naturalmente, este aumento en la confiabilidad y en la estética forman parte del incremento en el costo de las instalaciones y en la especialización del personal encargado de construir y operar este tipo de redes. *Espinosa ref [3].*

### Comparación entre las redes aéreas y la redes subterráneas.

La principal desventaja que presentan las redes aéreas ante las redes subterráneas, son las influencias que ejerce el medio ambiente en los componentes de las redes. La mayoría de los ingenieros están de acuerdo que una red subterránea es más confiable que una aérea, debido a que el tiempo de

interrupción por usuario se reduce y no hay fallas temporales en 80% de las redes subterráneas; sin embargo su costo es mayor que el de las aéreas. *Burke ref [4]*.

### 1.3 Tipos de redes aéreas utilizadas en la etapa de distribución de otras empresas suministradoras de energía eléctrica.

Las empresas suministradoras de energía eléctrica son muy similares entre sí, se constituyen fundamentalmente de los mismos subsistemas antes mencionados. Para el caso del subsistema de distribución, éste se encuentra constituido por los elementos básicos: subestaciones, distribución primaria y distribución secundaria.

#### Subestaciones.

El sistema de distribución es alimentado por las subestaciones, las cuales pueden diferir en diseño, debido a características específicas de cada zona: densidad de carga, cantidad de voltaje, requerimientos de continuidad, crecimiento de la carga, condiciones emergentes, costos y pérdidas entre otros.

#### Distribución primaria.

Los alimentadores primarios están compuestos por elementos propios de esta red, como son: fusibles, transformadores de distribución, e interruptores, etc. Los niveles de voltaje que se consideran dentro de esta etapa son de 15 kv. A 34.5 kv. La mayoría de los alimentadores son de tres fases con cuatro cables, el cuarto cable es el neutro, y va conectado al poste y por abajo de los cables energizados. Los alimentadores pueden ser cortos de 1 a 2 millas (1.6 km. a 3.2 km.) o largos de 30 millas (48.3 km.), y las estructuras que se utilizan son:

- Radial.
- Anillo abierto.
- Secundario selectivo.
- Primario selectivo.
- Mancha de red. *Burke ref[4]*.

### Características de las estructuras.

Cada uno de estas estructuras presenta características definidas que a continuación se describen:

**Radial.** La alimentación radial aérea o subterránea a un servicio es naturalmente la menos compleja y su aplicación es limitada a servicios que no requieren gran continuidad, debido a que, una falla en cualquier componente del sistema de alimentación primaria afectará a todos los consumidores conectados hasta que se localice y se repare. En algunas ocasiones este diseño se emplea para alimentar consumidores aislados con transformadores tipo pedestal o sumergibles.

**Anillo abierto.** Este diseño ha sido empleado extensamente para alimentar cargas comerciales y pequeñas cargas industriales importantes. Consta de dos alimentadores radiales que se unen en un interruptor normalmente abierto dentro de la subestación del consumidor. Una falla en un componente de la red primaria puede ser seccionada o aislada de manera manual. El interruptor en el punto normalmente abierto se puede cerrar para reenergizar el servicio interrumpido.

**Primario selectivo.** En este diseño dos circuitos independientes se llevan al centro de carga y se conectan al transformador por medio de un dispositivo automático denominado interruptor de transferencia. Uno de estos circuitos se denomina preferente y el otro emergente.

**Secundario selectivo.** Este sistema se emplea principalmente en sistemas de distribución industrial y su uso es poco frecuente en redes de distribución urbanas. Son indispensables dos transformadores con un interruptor en el lado de baja tensión. La duplicidad de transformadores, así como el resto del equipo, reduce considerablemente el tiempo de interrupción, ya que es factible hacer la transferencia de carga de manera automática cuando se detecta pérdida de potencial en uno de los extremos receptores del alimentador, que por lo regular opera a media carga.

Mancha de red. Este sistema es uno de los más flexibles y confiables que existen. Su empleo se restringe a zonas en que ya se tiene una red subterránea implantada y además la zona tiene una elevada densidad de carga. Requiere de la utilización de dos alimentadores con un mínimo de dos transformadores y sus respectivos protectores de red, que alimentan un bus secundario común energizado permanentemente. El protector previene que, uno de los alimentadores primarios retroalimente corriente de falla al otro en el caso de cortocircuito de un transformador o en cualquier otro elemento de la red primaria.

#### Distribución secundaria.

Para el caso de las redes secundarias, que constituyen el último eslabón en la cadena entre la estación de generación y los consumidores, es la red mallada, la más utilizada actualmente, ya que este sistema garantiza un servicio prácticamente continuo, debido a las fallas en alta tensión y en los secundarios no afectan a los usuarios.

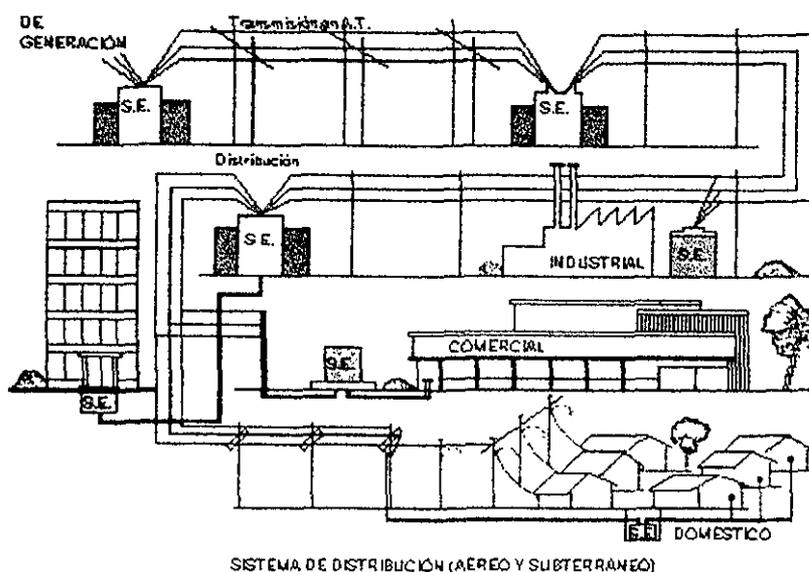
Sus componentes básicos son: una Subestación de distribución, la cual es el punto de origen de dos o más alimentadores radiales, sin enlace entre ellos, estos alimentadores van hasta los centros de carga en el área de la red, en donde son seleccionados por medio de cajas de desconexión o interruptores para llevar los ramales que alimentarán directamente a los transformadores de la red.

Los transformadores de red están conectados a los cables primarios de tal manera que transformadores adyacentes queden energizados por alimentadores diferentes. La finalidad de este arreglo es que al existir una falla en uno de los alimentadores de alta tensión o "primera contingencia" no disminuya la regularización del voltaje de la red y la carga del alimentador dañado será absorbida a través de la red secundaria por los transformadores de otros alimentadores. Por esta razón el diseño de los alimentadores en alta tensión debe ser adecuado para que permita absorber el aumento de carga cuando uno de ellos falle.

Un dispositivo desconectador, se instala en el lado secundario de cada transformador, este dispositivo tiene la finalidad de evitar un retorno de energía de la red de baja tensión a un punto de falla en alta tensión, ya que cuando un alimentador primario falla el protector inmediatamente desconecta el transformador de la red de baja tensión. Sin embargo la importancia de esta estructura requiere un tratamiento especial. *Espinosa ref [3].*

Las principales características entre Luz y Fuerza y otras compañías como es el caso de la Chubu Electric (Japón), London electricity (UK), Electricité de Francia (Francia), Compañía Nacional de Luz y Fuerza de Costa Rica (Costa Rica) y CFE (México) entre otras, se presentan a continuación:

Luz y Fuerza	Otras Compañías
Niveles de Voltaje 6.6 KV. , 13.2 KV. , Y 23 KV.	Niveles de Voltaje 15 KV. A 34.5 KV.
Alimentadores de tres fases con cuatro cables.	Alimentadores de tres fases con cuatro cables.
Longitud de los alimentadores. 3.7 Km a 58.3 Km.	Longitud de los alimentadores. 1.6 Km. a 48.3 Km.

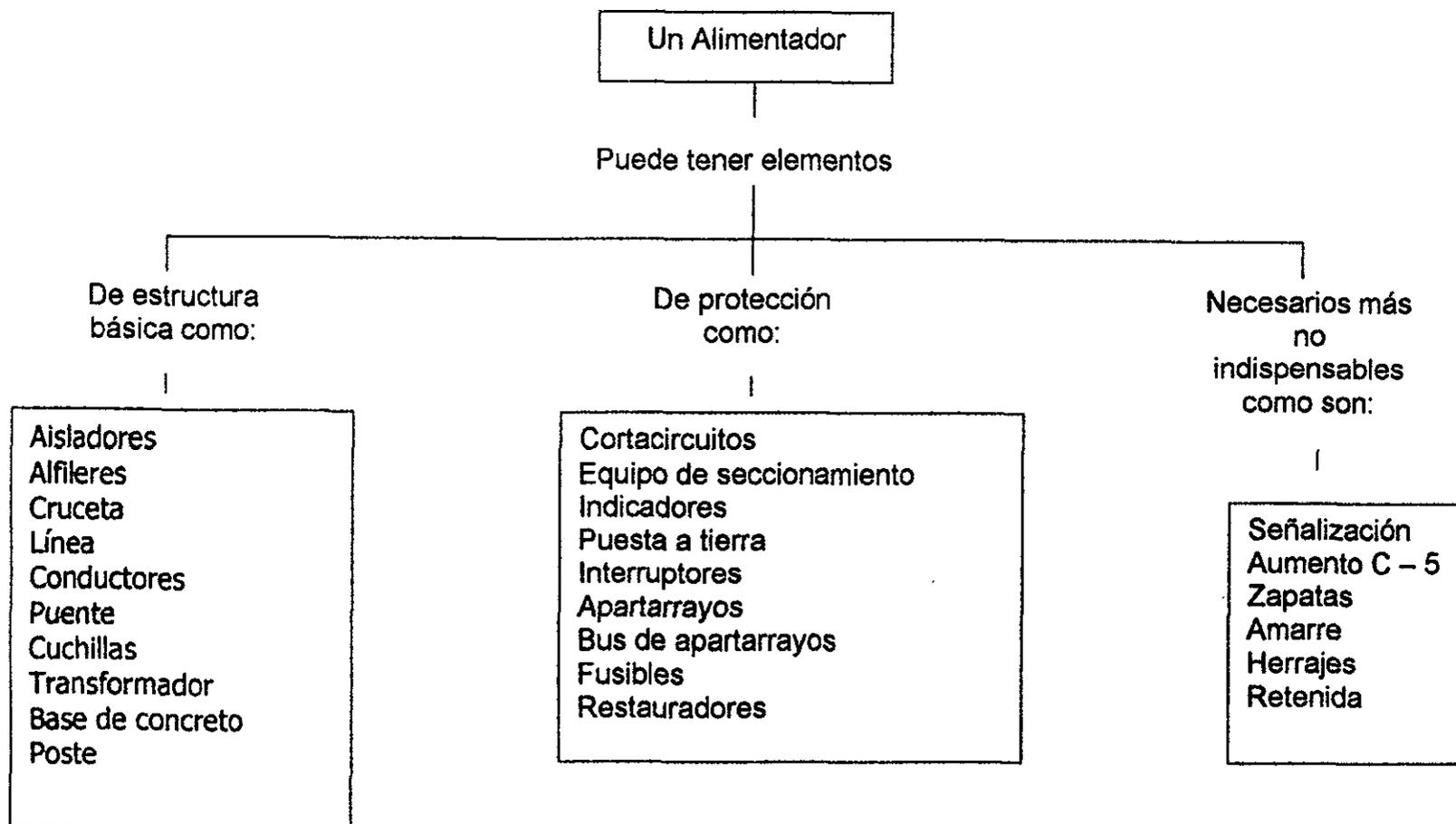


#### 1.4 Características generales de un alimentador.

Un alimentador es el conjunto de conductores, dispositivos eléctricos, y de protección, que parten de la subestación hasta los consumidores con la finalidad de transportar la energía eléctrica; los alimentadores entre si tiene características similares como son:

Elemento	Uso
Conductores Conductor ALD 336 Conductor ACSR 1/0 Conductor ACSR 2	Troncal Ramal Ramal
Apartarrayos	Proteger a la línea de las descargas atmosféricas.
Fusibles	Aislar la porción del circuito en disturbio del resto del alimentador sin falla e impedir el daño de los equipos instalados en el mismo.
Cortacircuitos	Contener los fusibles.
Seccionadores	Dispositivo de apertura de un circuito eléctrico que abre sus contactos automáticamente mientras el circuito está desenergizado por la operación de un interruptor o un restaurador.
Restauradores	Es un aparato que al detectar una condición de sobrecorriente interrumpe el flujo y una vez que ha transcurrido un tiempo determinado cierra sus contactos energizando el circuito protegido. Si la condición de falla sigue presente, el restaurador repite la secuencia de cierre-apertura.
Transformadores 150 kVA 112.5 kVA 75 kVA 45 kVA	Dispositivo que transfiere la energía eléctrica de un circuito a otro bajo el principio de inducción electromagnética. La transferencia de energía la hace por lo general con cambios en los valores de voltajes y corrientes.
Cuchillas Normalmente abiertas Normalmente cerradas	Abrir o cerrar parte del alimentador sin carga.
Interruptores de Operación individual Normalmente abierto Normalmente cerrado	Abrir o cerrar parte del alimentador con carga.

## Elementos de un Alimentador



Todos los conceptos básicos descritos en este primer capítulo nos permitirán adentrarnos y comprender los aspectos técnicos del campo de aplicación del Programa de Mantenimiento Preventivo, que se puntualizó a partir de la situación existente sobre el comportamiento de los alimentadores y que se expone en el siguiente capítulo titulado: Diagnóstico.

## CAPÍTULO 2

### DIAGNÓSTICO

---

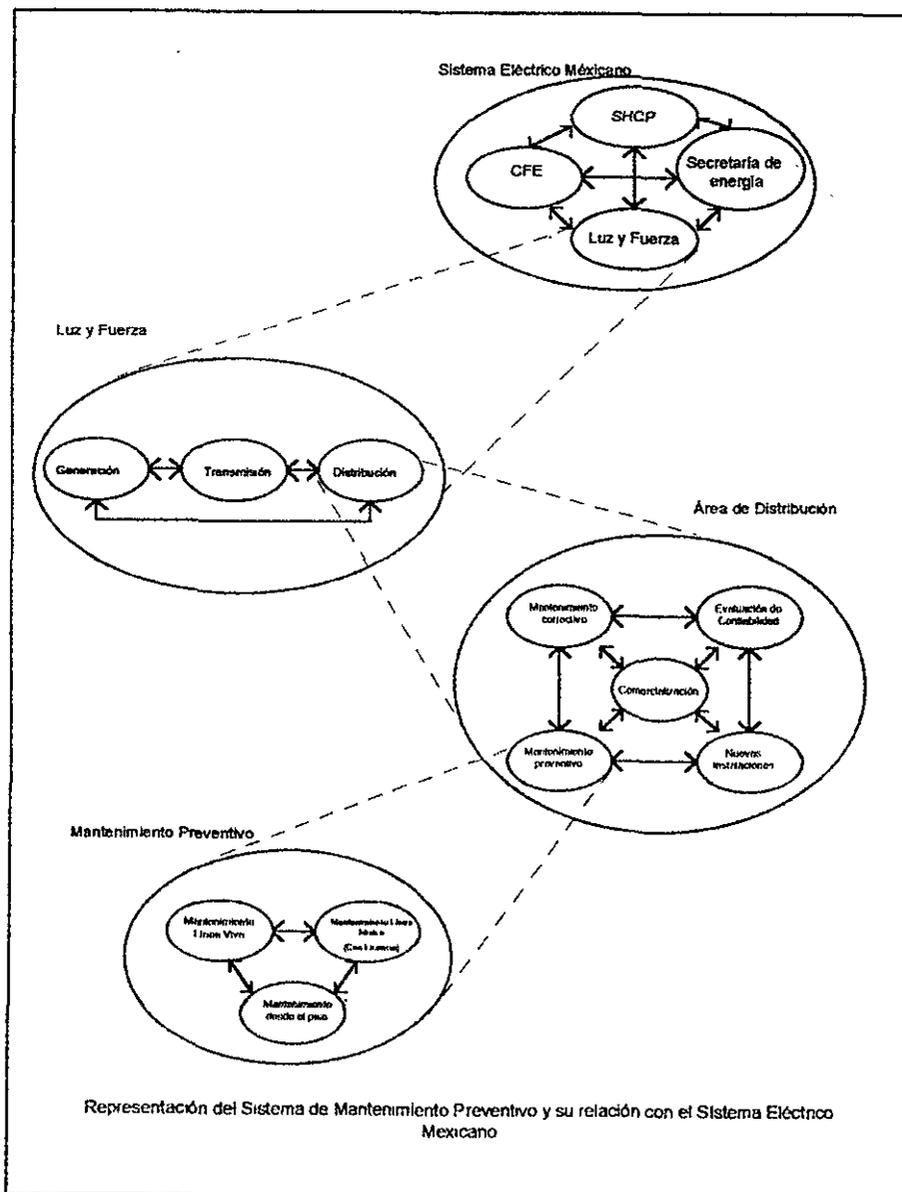
#### 2.1 Ubicación del área de aplicación del presente programa.

Este programa de mantenimiento preventivo se diseñó de acuerdo a las características propias de los alimentadores pertenecientes al Sistema de Distribución de Luz y Fuerza del Centro, sin embargo, no por ello la estructura básica diferirá de otros programas; siendo primordial identificar el área de aplicación de dicho programa.

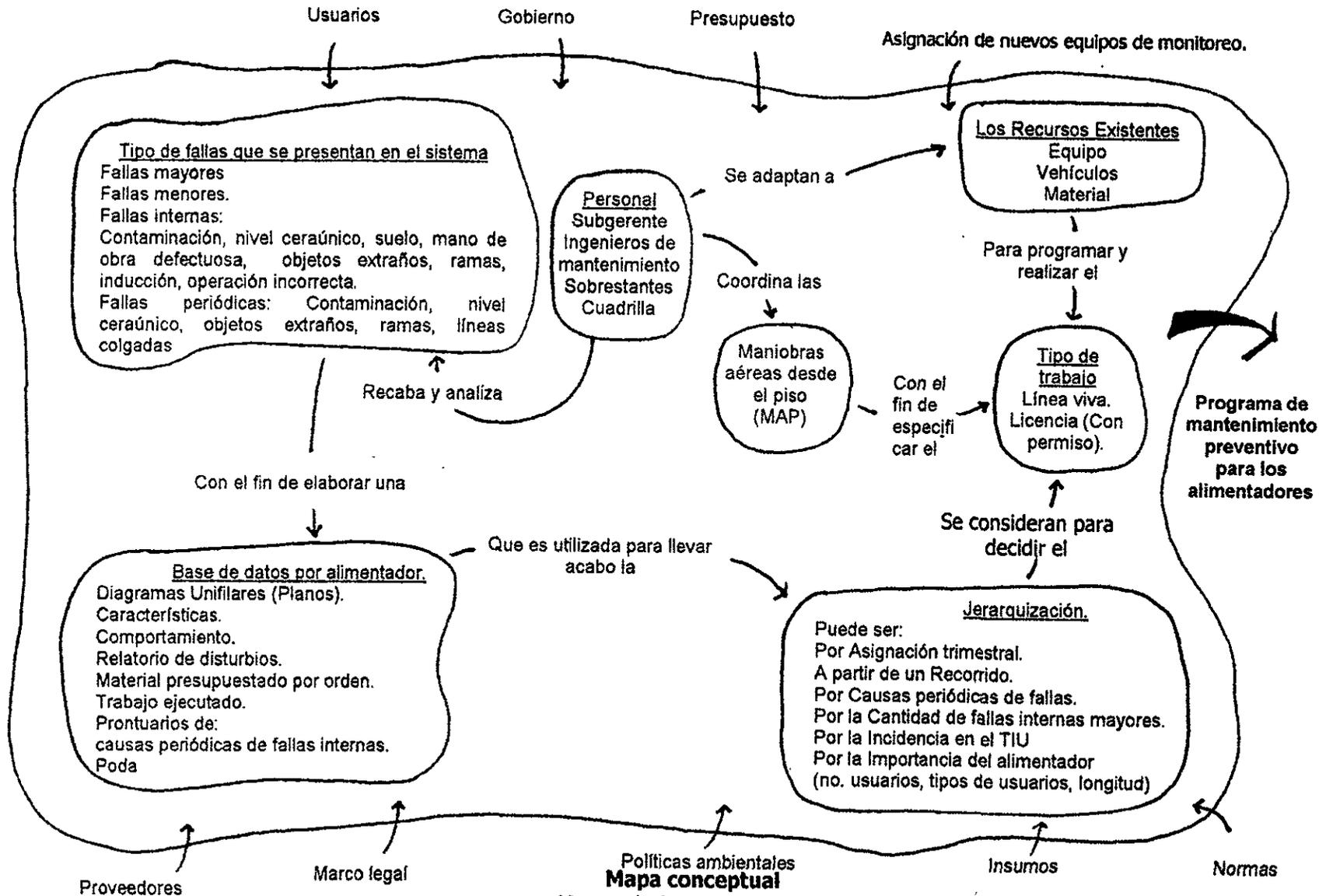
Específicamente, se trabajó en el Departamento Foráneo Xochimilco perteneciente a la región Iztapalapa, misma que forma parte de la División Metropolitana Oriente de Luz y Fuerza del Centro. Para este estudio se consideraron solamente a los alimentadores, que en un 50 % o más tienen atención por parte de este departamento, tal es el caso de los alimentadores: COA 21, COA 21X, COA 22, COA 23, COA 232X, COA 24, COA 25, COA 25X, COA 26, COA 27, COA 27X, y COA 28.

También es necesario dejar de considerar al mantenimiento preventivo como una programación de actividades aislada, porque no lo es, ya que cuenta con interdependencia, interconexiones y correlación de un conjunto de elementos que constituyen un todo identificable, por lo cual, es necesario, visualizar a los elementos, así como sus relaciones que intervienen. Para ello se puede observar el mapa conceptual de la figura 2.

Así como también el área de aplicación, no debe considerarse de una manera aislada, el Sistema de Distribución en estudio pertenece junto con los subsistemas de Transmisión y Generación al sistema Luz y Fuerza, el cual forma parte del Sistema Eléctrico Mexicano. Figura 1.



**Figura 1**



Mapa conceptual  
Mantenimiento preventivo  
FIGURA 2

## 2.2 Análisis del problema.

### Identificación de los problemas de falla de los alimentadores.

Los doce alimentadores antes mencionados presentaban la siguiente situación: Solo algunos de ellos tenían una aportación considerable al tiempo de interrupción por usuario, es decir presentaban fallas mayores. Al entrevistar a los ingenieros encargados del mantenimiento y revisar los datos con que cuenta el Sector encontré que los alimentadores que más fallas presentaban estaban dentro de las zonas con alta resistividad o con alto nivel freático, mientras que los alimentadores que se encuentran en zonas urbanas no presentan fallas que contribuyeran a elevar el tiempo de interrupción por usuario.

Identifiqué por medio de la frecuencia de fallas a los alimentadores que llamaremos conflictivos, propuse encontrar las causas de falla en los alimentadores de las zonas montañosa y arbolada, mediante un análisis causa – efecto, considerando los cuatro trimestres de un año; una vez que obtuvimos las causas y los efectos se procedió a la generación de alternativas, durante el transcurso del estudio encontré que los alimentadores presentaban fallas “especiales” de manera inesperada en ciertas épocas del año, por ello apliqué un KJ para obtener las causas y las soluciones para disminuir las fallas que llamaremos fallas por temporada. Aplique las técnicas antes descritas debido a su sencillez y efectividad para encontrar la solución al problema de realizar un mantenimiento sistematizado que permita reducir el tiempo de interrupción por usuario.

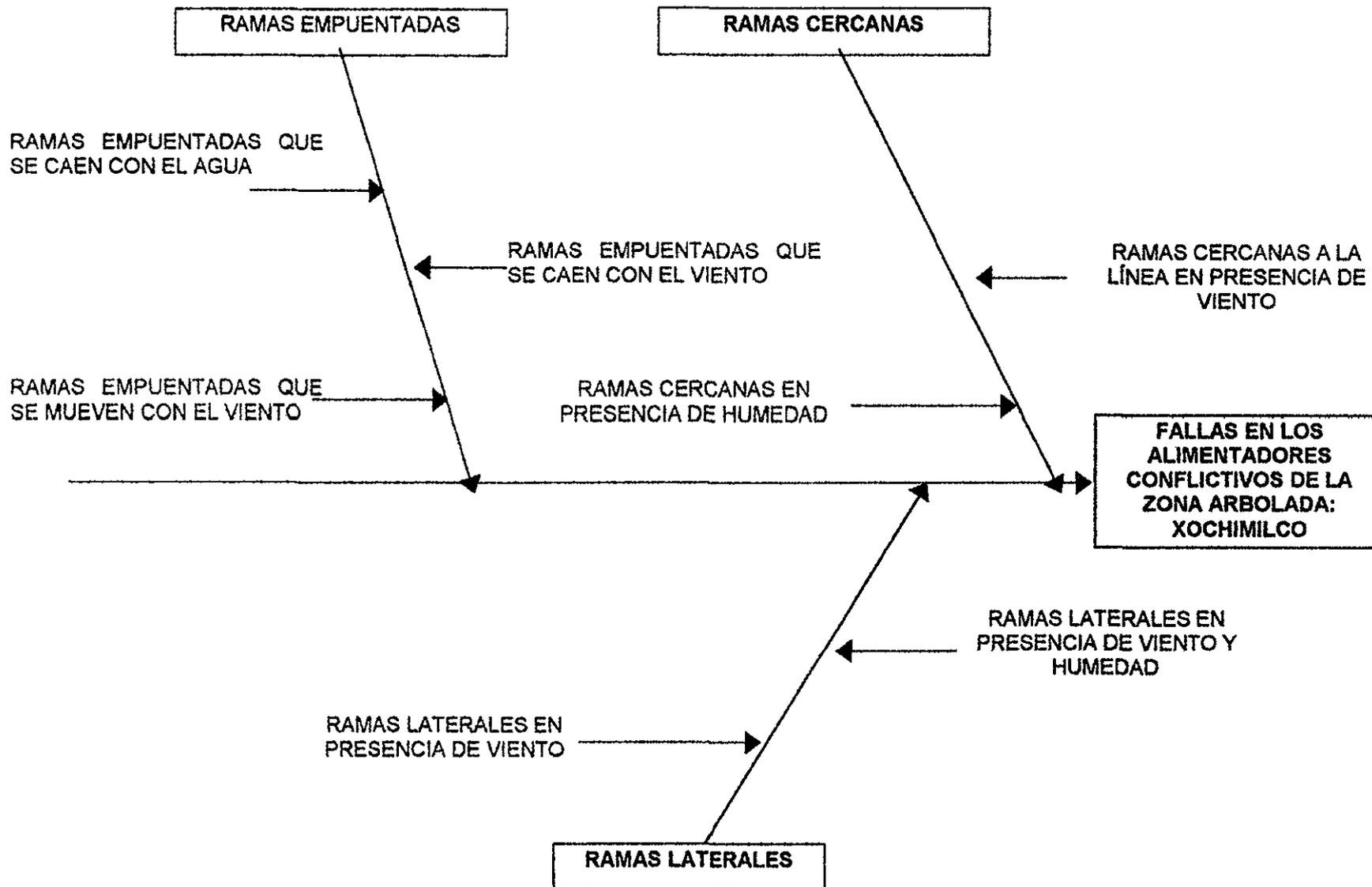
### Identificación de las Causas de fallas frecuentes.

Al aplicar la Técnica de Causa - Efecto, nos sirvió para acotar y precisar las principales causas de falla que se presentan en cada una de las zonas previamente establecidas considerando dos temporadas: Temporada regular de lluvias que puede contemplar a los trimestres 2,3 y 4 de un año, así como para la temporada de sequía que puede considerar a los trimestres 1, 2 y 4 así como los efectos que tienen sobre los alimentadores las causas de falla.

Causas de fallas en los Alimentadores de zona arbolada en temporada regular de lluvia	Causas de fallas en los Alimentadores de zona arbolada en temporada regular de sequía
<p><u>Ramas cercanas.</u></p> <p>Ramas cercanas a la línea en presencia de humedad. Ramas cercanas a la línea en presencia de viento.</p>	<p><u>Ramas empuentadas.</u></p> <p>Ramas empuentadas que se caen con el viento. Ramas empuentadas que se mueven con el viento.</p>
<p><u>Ramas laterales.</u></p> <p>Ramas laterales en presencia de viento y humedad. Ramas laterales en presencia de viento.</p>	<p><u>Ramas laterales.</u></p> <p>Ramas laterales en presencia de viento y humedad. Ramas laterales en presencia de viento.</p>
<p><u>Ramas empuentadas.</u></p> <p>Ramas empuentadas que se caen con el agua. Ramas empuentadas que se caen con el viento Ramas empuentadas que se mueven con el viento</p>	<p><u>Ramas cercanas.</u></p> <p>Ramas cercanas a la línea en presencia de viento</p>

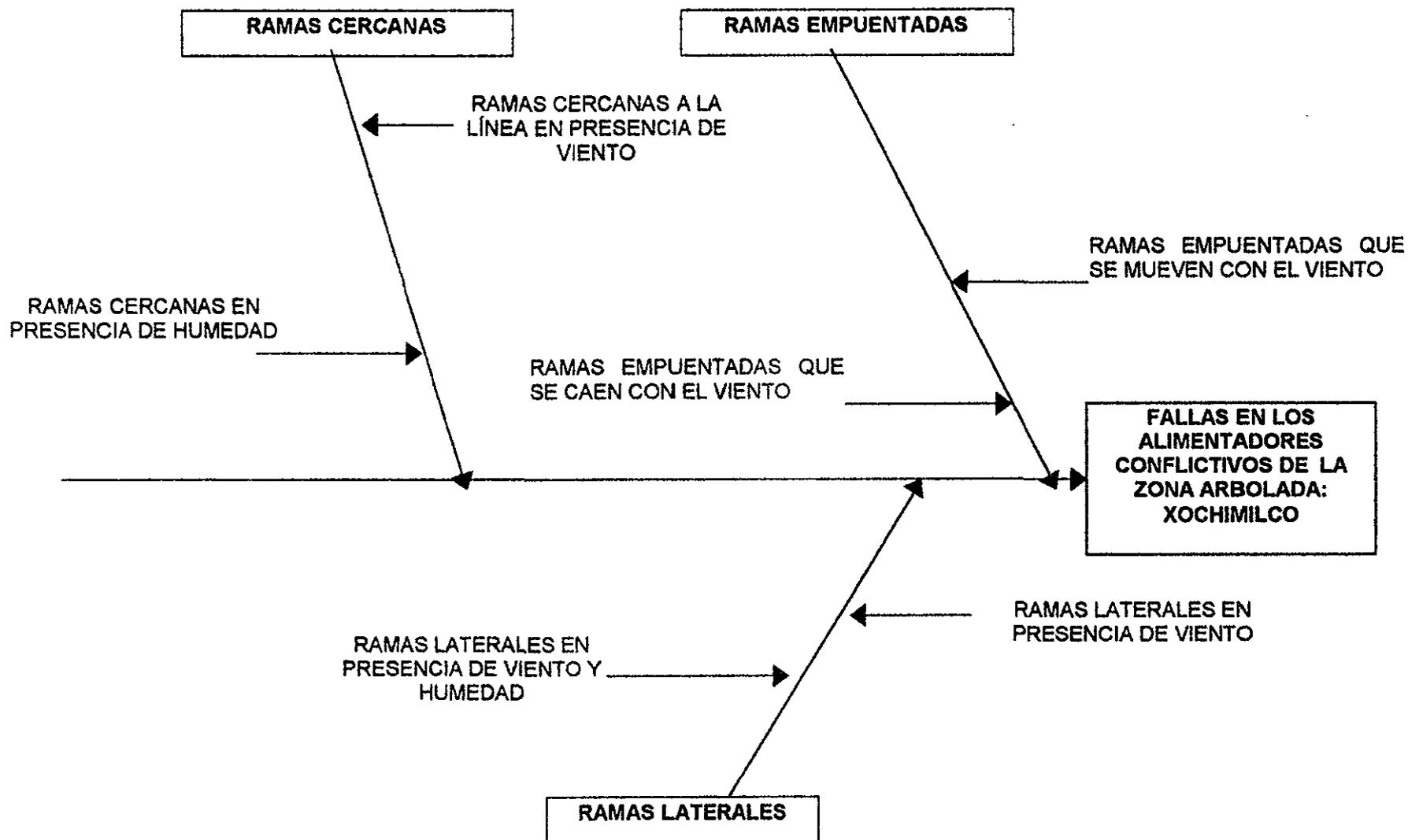
**PROBLEMA: FALLAS EN LOS ALIMENTADORES CONFLICTIVOS DE LA ZONA ARBOLADA: XOCHIMILCO, EN LOS TRIMESTRES CON TEMPORADA REGULAR DE LLUVIA (PUEDEN SER: 2 Y 3; 3 Y 4)**

**CAUSAS**



**PROBLEMA: FALLAS EN LOS ALIMENTADORES CONFLICTIVOS DE LA ZONA ARBOLADA: XOCHIMILCO, EN LOS TRIMESTRES CON TEMPORADA DE SEQUÍA (PUEDEN SER: 1 Y 2 ; 1 Y 4)**

**CAUSAS**



Las causas de fallas en los alimentadores de la zona montañosa se analizaron solo para la temporada regular de lluvia donde se puede considerar a los trimestres 2, 3 y 4 de un año, ya que sólo en esta temporada los alimentadores de la zona montañosa son conflictivos.

**Causas de fallas en los Alimentadores de la zona montañosa en temporada regular de lluvia**

Rayos.

La gran intensidad de los rayos.  
Alta frecuencia de la presencia de los rayos.  
Terreno con resistencia alta.  
Áreas de terreno rocoso  
Áreas de terreno compuesto por tepetate  
Áreas de terreno compuesto por arena.

Vandalismo.

Robo de conductor a tierra  
Aisladores golpeados por piedras  
Aisladores golpeados por armas de fuego

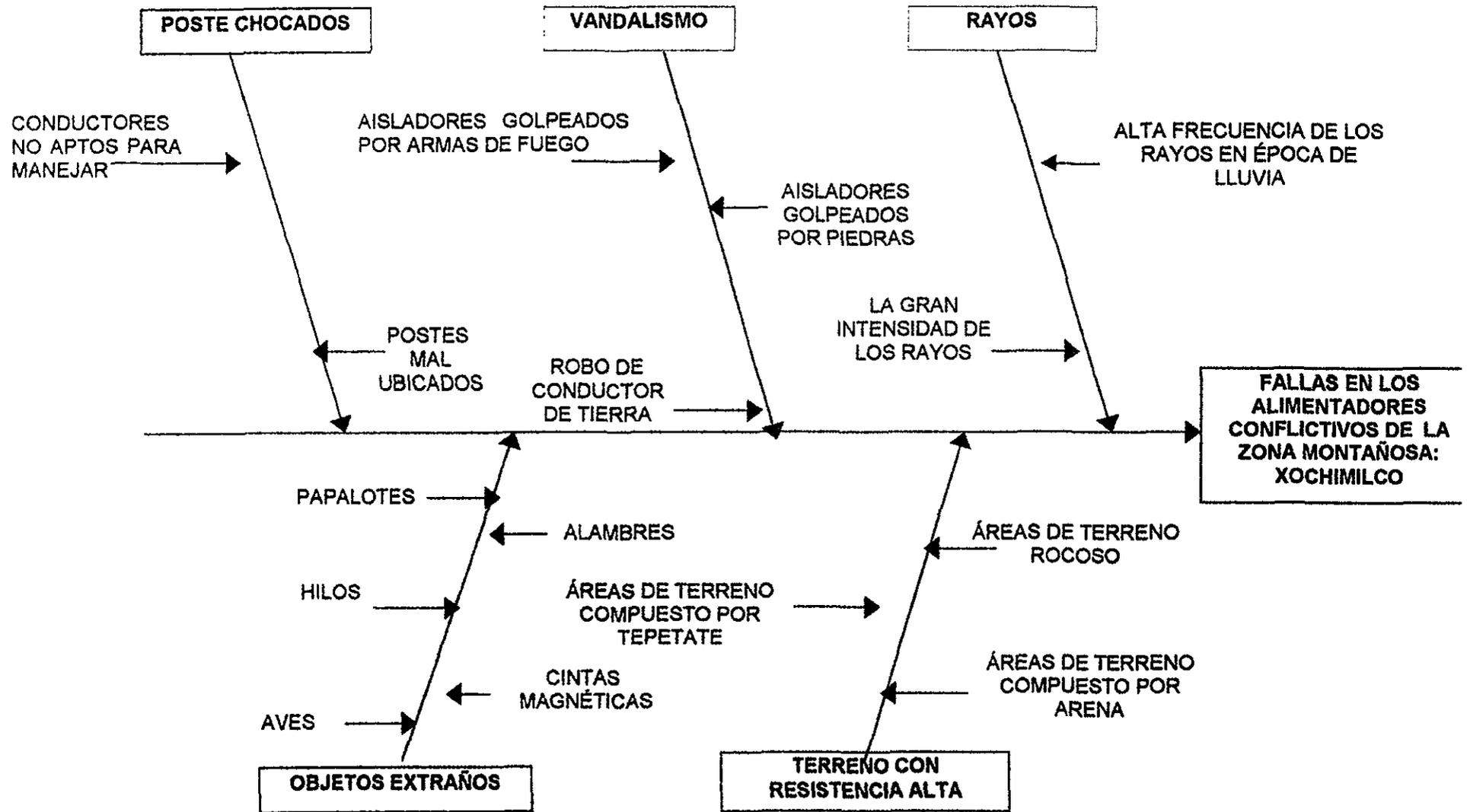
Objetos extraños

Papalotes  
Alambres  
Hilos  
Cintas magnéticas  
aves

Postes chocados

Postes mal ubicados  
conductores no aptos para manejar

**PROBLEMA: FALLAS EN LOS ALIMENTADORES CONFLICTIVOS DE LA ZONA MONTAÑOSA: XOCHIMILCO DURANTE LOS TRIMESTRES CON TEMPORADA REGULAR DE LLUVIA (PUEDEN SER: 2 Y 3 ; 3 Y 4)**  
**CAUSAS**



## Identificación de Efectos de las fallas frecuentes.

De igual manera, mediante un diagrama de Causa – Efecto se identificaron los efectos para ambas zonas, sin importar la temporada, ya que los efectos son los mismos.

### Efectos en los Alimentadores de la zona arbolada en Cualquier temporada.

#### Daños

Desacoplamiento en los conectores.  
Envejecimiento prematuro de líneas.  
distensión en amarres.  
Reducción de la vida útil de los interruptores de la subestación.

#### Desviación de recursos

Mayor cantidad de personal que se destina para corregir falla.  
Utilización de equipos destinados a mantenimiento preventivo.  
Utilización de material destinado para mantenimiento preventivo en el mantenimiento correctivo.  
Mayores pagos por concepto de poda al D.D.F.

#### Calidad de la energía.

Discontinuidad de la energía.  
Existencia de depresiones de voltaje (SAGS).  
Energía no suministrada.

#### Desatención al cliente.

Mala imagen de la empresa a los usuarios.



De igual manera los efectos para la zona montañosa son:

**Efectos en los Alimentadores de la zona montañosa en Cualquier temporada.**

Daños

Envejecimiento prematuro de aisladores.  
Desgaste de vehículos.

Desviación de recursos

Mayor cantidad de personal que se destina para corregir falla.  
Utilización de equipos destinados a mantenimiento preventivo.  
Utilización de material destinado para mantenimiento preventivo en el mantenimiento correctivo.  
Mayor gasto de gasolina

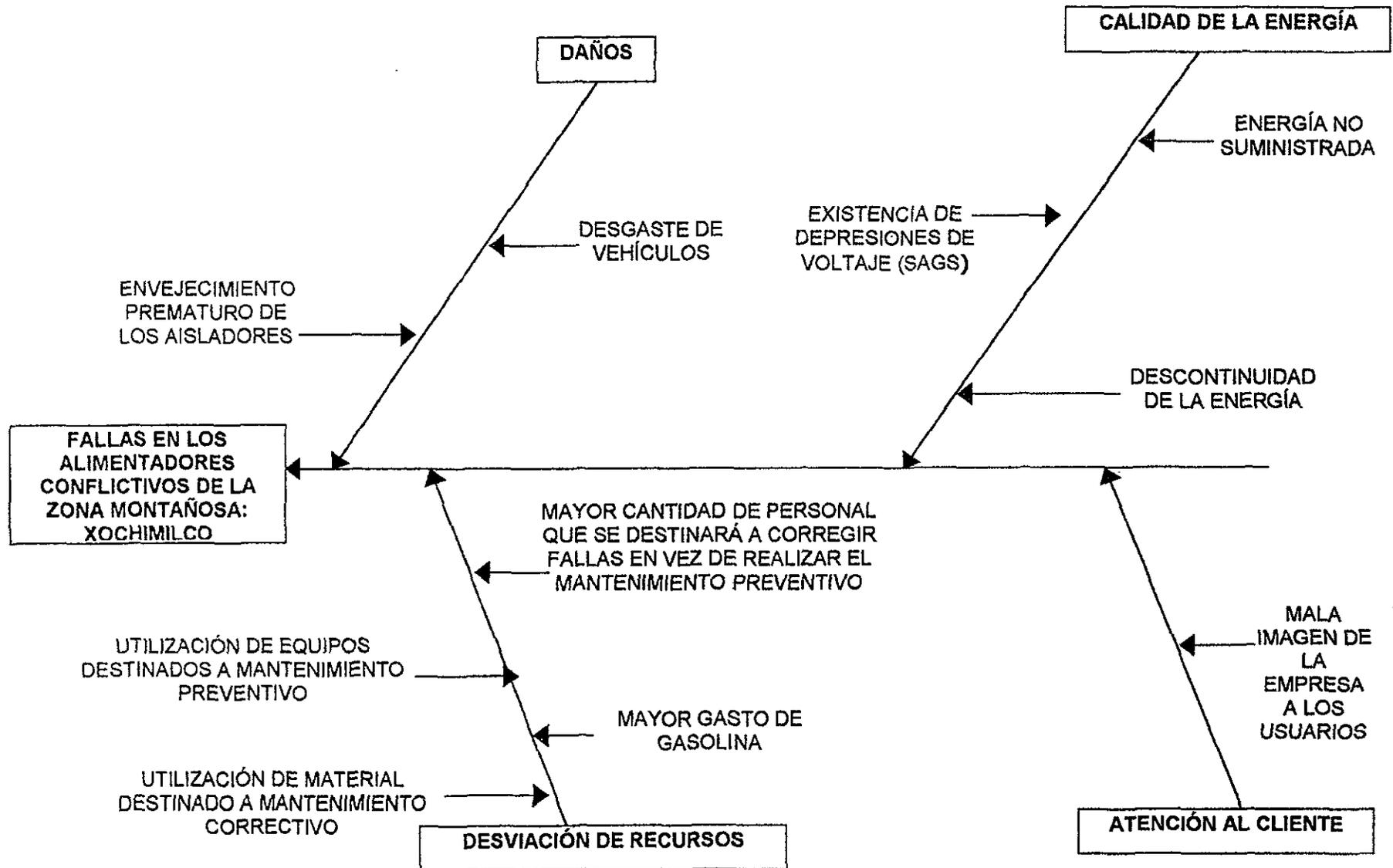
Calidad de la energía.

Discontinuidad de la energía.  
Existencia de depresiones de voltaje (SAGS).  
Energía no suministrada.

Desatención al cliente.

Mala imagen de la empresa a los usuarios.

PROBLEMA: FALLAS EN LOS ALIMENTADORES CONFLICTIVOS DE LA ZONA MONTAÑOSA: XOCHIMILCO  
EFFECTOS



## Identificación de Causas de fallas por temporada.

A medida que aplicaba el análisis Causa – Efecto, encontré el interés de los ingenieros por encontrar una solución a las fallas que se generan en cierta época del año debido a condiciones externas, específicamente concerniente al clima. Es así como surge como parte del presente programa considerar a las acciones que permitirán reducir las fallas por temporada. Para ello realicé un análisis KJ, para encontrar las causas de fallas de temporada, las posibles soluciones y una primera aproximación de la implementación

Formulación del problema. Los hechos fueron:

1. Hay viento ocasional en diciembre.
2. A mediados de marzo termina la temporada de viento.
3. A finales de enero comienza la temporada de viento en la Ciudad de México.
4. En febrero el viento es muy fuerte.
5. En febrero las personas vuelan papalotes.
6. Hay mucho polvo durante febrero.
7. Comienza a haber polvo en octubre.
8. Los árboles comienzan a tirar sus hojas en octubre.
9. Hay mucho polvo durante diciembre
10. Hay mucho polvo durante enero.
11. Después del período vacacional de diciembre hay objetos colgando de las líneas.
12. Después del período vacacional de abril cuelgan objetos sobre la línea.
13. Una vez que termina el ciclo escolar aparecen objetos colgados en la línea.
14. En abril comienza la temporada de lluvia.
15. En el mes de mayo las lluvias vespertinas son constantes.
16. En julio y agosto el período vacacional es largo.
17. Lluvia casi a diario durante el verano.

18. A las lluvias de verano las acompañan descargas atmosféricas.
19. Se presentan lluvias aisladas por los huracanes y ciclones durante septiembre.
20. Al Comenzar el ciclo escolar hay objetos extraños colgados en la línea.
21. A los árboles no se les poda con regularidad después de la temporada reegular de lluvia (verano).
22. Hay lluvias muy remotas en octubre.
23. Las ramas de los árboles comienzan a crecen en octubre.
24. Algunas ramas de árbol crecen en diciembre

Hechos que sinteticé de la siguiente manera:

**A. Situaciones específicas que se presentan en enero.**

3. A finales de enero comienza la temporada de viento en la Ciudad de México.
10. Hay mucho polvo durante enero.
11. Después del período vacacional de diciembre hay objetos colgando de las líneas.

**B. Situaciones específicas que se presentan en febrero y marzo.**

4. En febrero el viento es muy fuerte.
5. En febrero las personas vuelan papalotes.
6. Hay mucho polvo durante febrero
2. A mediados de marzo termina la temporada de viento.

**C. Situaciones específicas que se presentan en abril y mayo.**

14. En abril comienza la temporada de lluvias.
12. Después del periodo vacacional de abril cuelgan objetos sobre la línea.
15. En el mes de mayo las lluvias vespertinas son constantes.

**D. Situaciones específicas que se presentan en junio, julio y agosto.**

- 13. Una vez que termina el ciclo escolar aparecen objetos colgados en la línea.
- 16. En julio y agosto el periodo vacacional es largo.
- 17. Llueve casi a diario durante el verano.
- 18. A las lluvias de verano las acompañan descargas atmosféricas.

**E. Situaciones específicas que se presentan en septiembre.**

- 19. Se presentan lluvias aisladas por los huracanes y ciclones durante septiembre.
- 20. Al Comenzar el ciclo escolar hay objetos extraños colgados en la línea.
- 21. A los árboles no se les poda con regularidad después de la temporada regular de lluvia (verano).

**G. Situaciones específicas que se presentan en octubre y noviembre.**

- 22. Hay lluvias muy remotas en octubre
- 8. Los árboles comienzan a tirar sus hojas en octubre.
- 23. Las ramas de los árboles comienzan a crecer en octubre
- 7. Comienza a haber polvo en octubre.

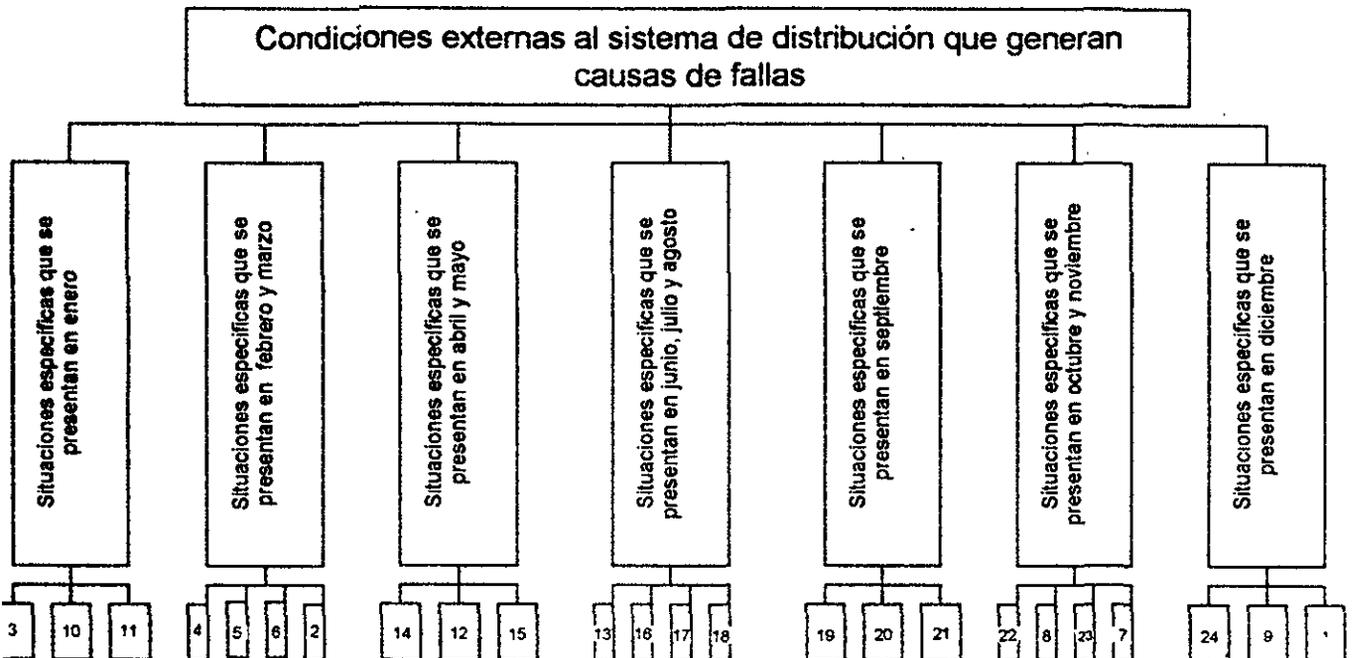
**F. Situaciones específicas que se presentan en diciembre.**

- 24. Algunas ramas de árbol crecen en diciembre.
- 9. Hay mucho polvo durante diciembre.
- 1. Hay viento ocasional en diciembre.

Posteriormente se generó la síntesis:

**Condiciones externas al sistema de distribución que generan causas de fallas.**

Diagrama de árbol de las Condiciones externas al sistema de distribución que generan causas de fallas posteriores a que aparecen en los alimentadores.



Una vez que conocemos las causas de fallas de los alimentadores conflictivos y las causas de fallas por temporada en los alimentadores, se procedió a la propuesta del Programa de Mantenimiento Preventivo que permita ayudar a disminuir el tiempo de interrupción por usuario.

## CAPÍTULO 3

# PROPUESTA DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN

---

---

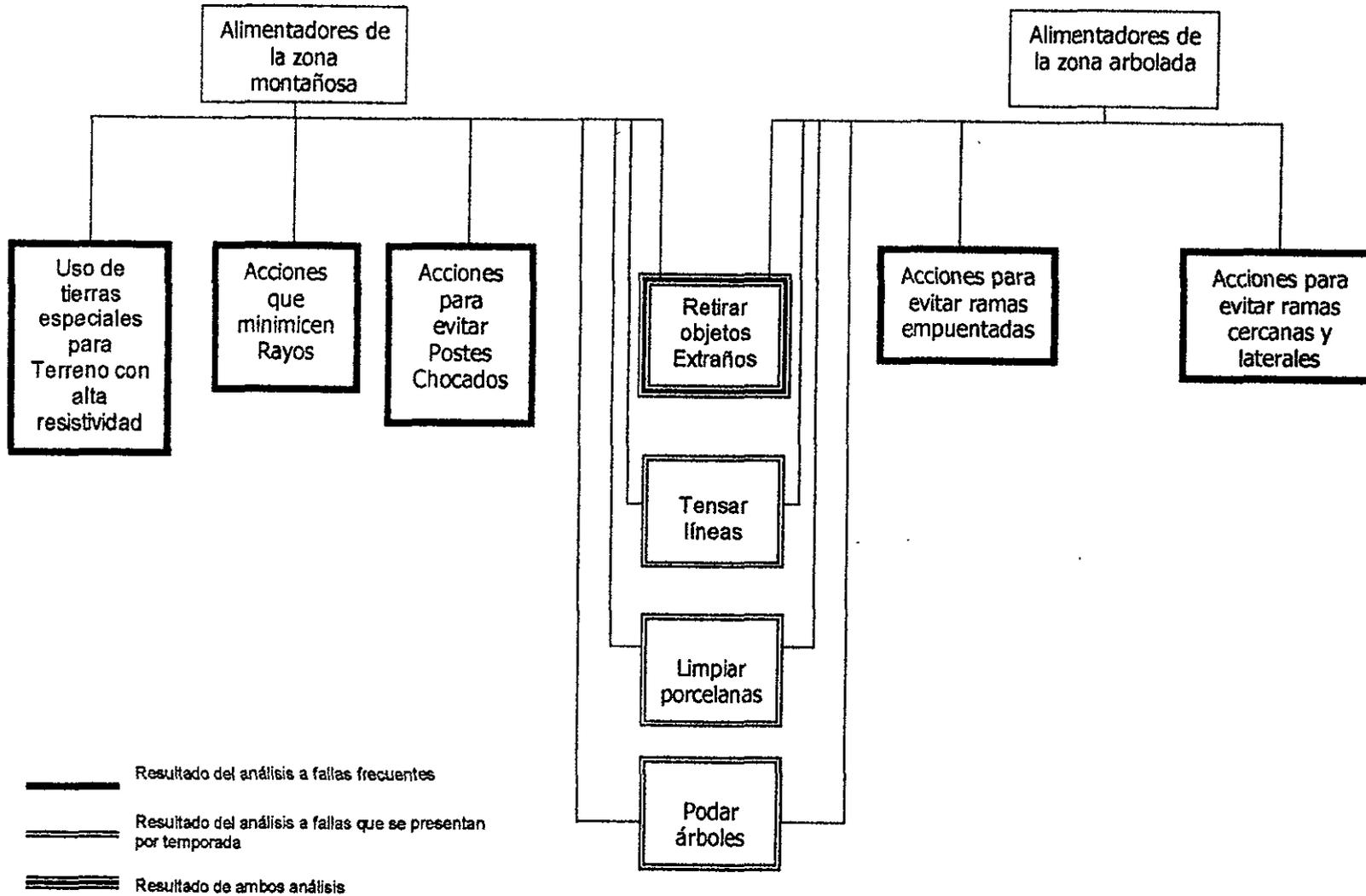
### *Introducción.*

El Programa de mantenimiento Preventivo que presento en este capítulo tiene pretensiones poco ambiciosas, sin embargo muy acertadas, ya que su principal objetivo es sistematizar las acciones que posiblemente se realizaban con anterioridad y aquellas que no se habían realizado, para disminuir eficazmente el número de fallas mayores en los alimentadores del Sector Foráneo Xochimilco, fallas que se han clasificado como fallas frecuentes y fallas por temporada.

Este trabajo, no considera acciones de mantenimiento en función de la vida útil de los elementos, así como tampoco pretende generalizar las acciones de mantenimiento a otros alimentadores, así nos vamos a encontrar con un producto final que resuelve una pequeña parte del inmenso problema que es la falta de confiabilidad en los Sistemas de Distribución; es un programa innovador, sencillo y flexible a las condiciones que puedan presentarse en el Sector, esta última característica permitirá que este programa se vaya desarrollando según los nuevos comportamientos de los alimentadores, con el fin de que en el futuro podamos pasar a un mantenimiento de tipo predictivo.

Considerando lo anterior el presente Programa de Mantenimiento Preventivo se diseñó para el sector Xochimilco en tres etapas: **elección** de los alimentadores que requieren de un mantenimiento preventivo, el **recorrido** y la **programación** de las actividades del mantenimiento preventivo.

### ESQUEMA DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO.



*Propuesta del programa de mantenimiento preventivo*

Es importante señalar que se asignan recursos a un alimentador siempre y cuando se halle efectuado un análisis, una síntesis y evaluaciones de los reportes de campo de manera trimestralmente.

**3.1 Elección del alimentador.**

En esta etapa el ingeniero de mantenimiento integra una tabla de frecuencia de fallas con datos del banco de información. Esto se realiza de la siguiente manera: en un papel cuadrulado se anotan en una primera columna el nombre de los alimentadores atendidos; cada alimentador tiene un espacio de dos renglones para anotar en el primero de ellos las fallas menores y en el segundo las fallas mayores.

En los encabezados de las siguientes columnas anotamos los días del mes a analizar. Conforme se presenten las fallas estas se anotan en el lugar correspondiente, Para ello se utiliza una simbología: Cada 2 fallas corresponden a la mitad de área de un cuadro, bajo la consideración de que pudiesen presentarse 4 fallas mayores y 4 fallas menores en un día para que una vez que se tiene el registro gráfico del comportamiento.

Una vez que se tiene la información del comportamiento de los alimentadores de un trimestre se procede a escoger aquel que halla presentado el mayor número de fallas mayores.

Enero de 1998

ALIMENTADOR	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
COA 21			▲	▲								▲						▲			▲										▲
COA 21																							▲								▲
COA 21x	▲	▲	▲			▲																									
COA 21x																								▲							

Además el Ingeniero de mantenimiento considera el número de usuarios y la aportación al tiempo de interrupción por usuario.

Es importante tomar en consideración a los alimentadores que las oficinas centrales de Luz y Fuerza asignan trimestralmente, de igual manera considerar factores externos como pueden ser emergencias (causada por condiciones ambientales severas) y presiones de tipo socio-político.

### 3.2 Recorrido al alimentador elegido.

Una vez que se ha elegido el alimentador, al cual se le dará mantenimiento, se observa su diagrama unifilar correspondiente, con el fin de ubicar el lugar geográfico donde se localiza el alimentador. Se recomienda enviar una cuadrilla de Maniobras desde el piso (MAP) con la finalidad de que realicen un prerecorrido, en cual se realizarán actividades de mantenimiento primario, tales como:

- Revisión ocular de alimentadores.
- Retiro de objetos desde el piso.
- Despunte de ramas desde el piso.
- Registro y supervisión de las acciones anteriores.
- Acciones de reemplazo (aislamiento, conexiones y tensión mecánica).
- Llenado de una hoja de verificación con el estado final del alimentador.

Una vez terminado el recorrido del MAP el ingeniero de mantenimiento y un sobrestante realizarán el recorrido comenzando de la salida de la subestación. Es necesario llevar al recorrido el diagrama unifilar, un marcador una hoja de verificación y una pluma. El recorrido se realiza caminando, para poder realizar una revisión completa de las condiciones del alimentador.

En el diagrama unifilar se marca los tramos supervisados, y en la hoja de verificación se capturan las deficiencias que presenta el alimentador.

Las hojas de verificación pueden tener diferente formato, a continuación se propone uno, donde se tienen a los posibles dispositivos de un alimentador, así como sus posibles deficiencias; esta hoja de verificación se crea a partir del catalogo de anomalías para un recorrido que se manejaba en el sector, las innovaciones fueron las columnas: posibles características, cantidad, lugar y observaciones, que agregué para facilitar el levantamiento de las anomalías en el alimentador, la nomenclatura permite registrar la anomalía de manera rápida y confiable ya que siempre se tiene a la vista la clave, la cantidad es indispensable para posteriormente hacer el reporte de material necesario para llevar a cabo el mantenimiento; la columna lugar es para colocar una pequeña señal que indique el lugar donde se dará el mantenimiento, la columna de observaciones se colocó por aquellos imprevistos como pueden ser notas referentes a la operación anterior de los trabajadores y eventos externos.

*Propuesta del programa de mantenimiento preventivo*

**LUZ Y FUERZA DEL CENTRO  
HOJA DE VERIFICACIÓN PARA EL RECORRIDO DE ALIMENTADORES DE 23, 13.2 Y 6 KV**

DISPOSITIVO	CARACTERÍSTICA POSIBLE	POSIBLE CARACTERÍSTICA EXISTENTE	CANTIDAD	LUGAR	OBSERVACIONES
1. AISLADORES A 56-3	CONTAMINADOS (C), FLAMEADOS (F) O ROTOS (R)				
2. AISLADOR T 10 o T 2	CONTAMINADOS (C) ROTOS (R), AUSENTES (A) O DANADOS POR U.V. (D)				
3. ALFILERES	LADEADO (L) O DANADO EL PLOMO (DP)				
4. AMARRE	FLOJO (F), ROTO (R) O ESCORIADO (E)				
5. APARTARAYOS	VOLADOS (V), AUSENTES (A) O CONTAMINADOS (C)				
6. APARTARAYOS INSTALADOS	PASO DE LÍNEAS DE TRANSMISIÓN (PL) O DE ACUERDO A NORMA (N)				
7. ARBOLES	DENTRO (D) O CERCANOS (C) A CONDUCTORES				
8. AUMENTO C - 5	CONDUCTORES CERCANOS A B.T. (BT) O LUMINARIA (L)				
9. BASE DE CONCRETO	POSTE CHOCADO (PCH)				
10. BUS DE APARTARAYOS	INSTALACIÓN DE ACUERDO A LA NORMA RECIENTE (N)				
11. CONDUCTORES	ESCORIADOS (E), COLGADOS (C), EMPALMADOS (EM) O POR REMPLAZAR (R)				
12. CONECTORES	MECÁNICOS (M) / COMPRESIÓN (CO)				
13. CORTACIRCUITOS	CONTAMINADOS (C), FLAMEADOS (F) O ROTOS (R)				
14. CRUCETA	FUERA DE NORMA (FN)				
15. CRUCETA VOLADA	CONDUCTORES CERCANOS DE FASE A TIERRA (CCFT)				
16. CUCHILLAS	CONTACTOS (CT), FLAMEADOS (F) O AISLADORES CONTAMINADOS (AC), FLAMEADOS (AF) O ROTOS (AR)				
17. EQUIPO DE SECCIONAMIENTO	FUERA DE SERVICIO (FS)				
18. HERRAJES Y CONDUCTORES	FUERA DE SERVICIO (FS)				
19. INDICADORES DE FALLA DE CORRIENTE	INSTALACIÓN (I), RETIRO (R) O REUBICACIÓN (RU)				
20. INTERRUPTORES	CONTACTOS FLAMEADOS (CF) O AISLADORES FLAMEADOS (AF) O ROTOS (AR)				
21. LÍNEAS	OBJETOS EXTRANOS (OE)				
22. POSTE	DETERIORADO (D), FUERA DE SERVICIO (FS), LADEADO (L), RELOCALIZAR (RL), SOBRE ARROLLO (SA)				
23. PUENTE	FUERA DE NORMA : DE CORTOCIRCUITO A TRANSFORMADOR (FN)				
24. PUENTE	FUERA DE NORMA : DE LÍNEA A CORTOCIRCUITOS (FN)				
25. PUESTA A TIERRA	EQUIPO DE SECCIONAMIENTO (ES), TRANSFORMADORES (T) Y SERVICIO EN M.T. (SMT)				
26. RETENIDA	TRAMOS COLGADOS (TC) O POSTE LADEADO (PL)				
27. SENALIZACIÓN EN POSTE	POSTE SOBRE ARROLLO (SA)				
28. TRANSFORMADOR	FUERA DE SERVICIO (FS)				
29. TRANSFORMADOR	BORNES ROTOS (BR) Y/O TIRANDO ACEITE (TA)				
30. ZAPATAS	ALUMINIO / COBRE				
31. ZONA ARBOLADA: SOLO EN ARBOLES EMPUENTADOS	CONDUCTOR SEMIAISLADO (CONDSEM)				
32. ZONA DE FRAUDE	CABLES COLGADOS EN B.T. (CC)				

### 3.3 Programación del mantenimiento preventivo.

Con la lista de anomalías se procede a determinar que acciones se realizarán con línea viva y cuales con licencia. De igual manera, se enlistan los materiales requeridos y se verifican en el almacén, de no existir los materiales adecuado para el mantenimiento, es necesario solicitarlos lo más pronto posible.

#### **Generación de alternativas para los alimentadores conflictivos.**

Estas posibles alternativas de solución se generaron a partir de las causas encontradas en los diagramas Causa – Efecto; estando reunidos los ingenieros de mantenimiento se realizó una lluvia de ideas, que posteriormente se jerarquizaron considerando la viabilidad de recursos con que se cuenta la empresa.

Las posibles alternativas para las soluciones a las causas de falla más frecuentes son:

#### Acciones para evitar Ramas empuentadas.

Cortar ramas utilizando derecho de vía.  
Aislar líneas.  
Cambiar la trayectoria de la línea.  
Cambiar de sistema aéreo a sistema subterráneo.

#### Acciones para evitar Ramas cercanas y laterales.

Cortar ramas utilizando derecho de vía permanentemente.  
Mantenimiento MAP (Maniobras aéreas desde el piso).  
Uso de equipo hidráulico con sierra.  
Cortar ramas de acuerdo con contratos de poda.  
Aislar líneas.  
Cambiar la trayectoria de la línea.  
Cambiar de sistema aéreo a sistema subterráneo

Retiro de Objetos extraños.

Retirar con el Mantenimiento MAP (maniobras aéreas desde el piso) cada cuatro meses.

Acciones para minimizar Rayos.

Instalar apartarrayos de mayor capacidad que los normales. Clase intermedia (10KA) en lugar de los de distribución (5KA).

Instalar tierras efectivas.

Aumentar el nivel básico de aislamiento al impulso de los aisladores (NBAI).

Instalar apartarrayos lo más cercano posible entre tramos.

Usar tierras especiales, experimentando diferentes arreglos de electrodos:

Horizontales.

Verticales.

Múltiples.

Profundos.

Agregando químicos a las tierras.

Acciones para evitar Postes chocados

Reubicación.

Señalización.

Refuerzo de la base del poste.

Aunado a estas acciones, se propuso realizar acciones que minimicen las fallas originadas de la relación que existe entre las causas de las fallas y los meses del año; por ejemplo: Retiro de objetos extraños, Tensar líneas, Limpiar porcelanas y Podar árboles. Estas acciones se generaron en la segunda etapa de la aplicación del KJ:

### **Identificación y Diseño de solución.**

A partir del árbol obtenido en el diagnóstico se generó las siguientes soluciones:

1. Quitar los posibles objetos extraños después de un periodo vacacional.
2. Podar ramas de septiembre a diciembre.
3. Limpiar las porcelanas.
4. Colocar apartarrayos entre tramos más cercanos de abril a julio.
5. Comenzar a Tensar las líneas en diciembre.
6. Tensar líneas en enero y principios de febrero.
7. Quitar los papalotes.
8. Revisar la existencia de tierra física de abril a septiembre.

La síntesis es:

#### **A. Preparar a las líneas para la temporada de viento.**

Comenzar a Tensar las líneas en diciembre.

Tensar líneas en enero y principios de febrero.

#### **B. Disminuir el nivel ceraúnico.**

Colocar apartarrayos entre tramos más cercanos de abril a julio.

Revisar la existencia de tierra física de abril a septiembre.

### C. Retirar objetos extraños

Quitar los posibles objetos extraños después de un periodo vacacional.

Quitar los papalotes.

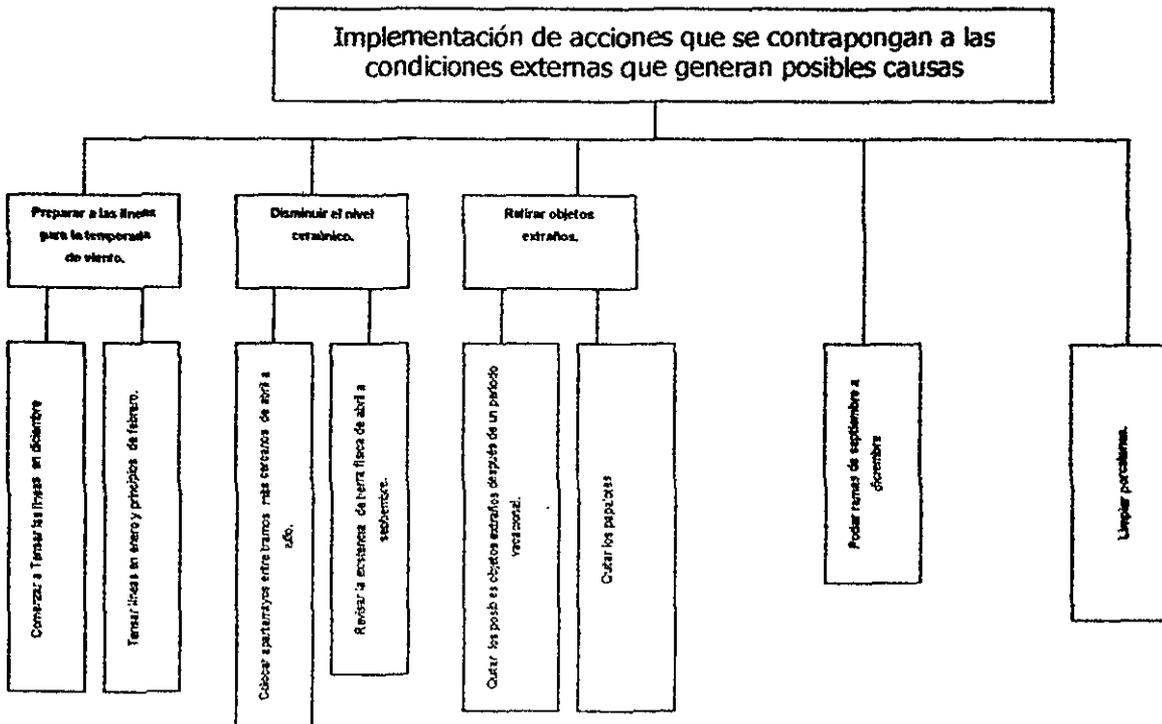
### D. Podar ramas de septiembre a diciembre.

### E. Limpiar las porcelanas.

Para finalmente tener la síntesis:

Implementación de acciones que se contrapongan a las condiciones externas que generan posibles causas.

El diagrama de árbol es:



Finalmente se propone una Programación de las acciones, previa a las temporadas con el fin de reducir posibles desperfectos en los alimentadores causados por el entorno y las condiciones climáticas.

Las principales acciones a realizar son:

**Enero**

1. Tensar Líneas
2. Retirar Objetos extraños.
3. Limpiar porcelanas



**Febrero y Marzo**

1. Retirar objetos extraños.
2. Limpiar porcelanas.



**Abril y Mayo**

1. Colocar Apartarrayos
2. Verificar tierra física.
3. Limpiar porcelanas.
4. Retirar Objetos extraños.



Junio Julio y Agosto

1. Colocar apartarrayos
2. Limpiar porcelanas
3. Retirar Objetos extraños



Septiembre

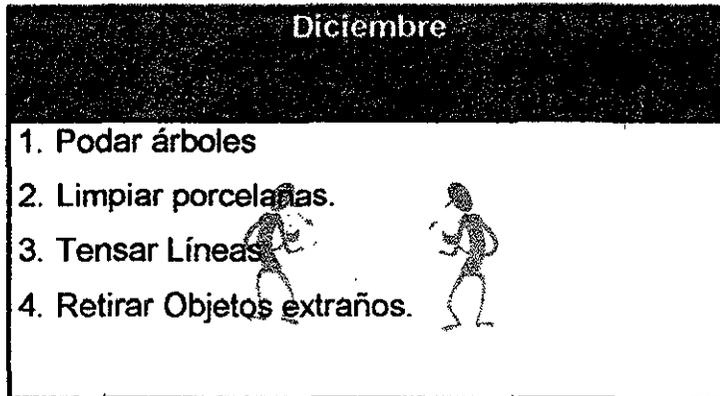
1. Colocar apartarrayos.
2. Podar árboles
3. Limpiar porcelanas
4. Retirar objetos extraños.



Octubre y Noviembre

1. Podar árboles
2. Lavar porcelanas.
3. Retirar Objetos extraños





**MANIOBRAS DE MANTENIMIENTO Y EL MÉTODO QUE SE SUGIEREN:**

Funciones a relizar por el MAP	Alternativas Generadas	
	LINEA DESDE EL PISO	LINEA VIVA
1. Lectura de equipos de seccionamiento	1. Cortar ramas utilizando derecho de vía	1. Cortar ramas utilizando derecho de vía
2. Reemplazo de fusibles	2. Aislar líneas	2. Aislar líneas
3. Retiro de objetos	3. Uso de equipo hidráulico con sierra	3. Cambiar la trayectoria de la línea
4. Poda	4. Cortar ramas de acuerdo a contratos de poda	4. Cambiar de sistema aéreo a sistema subterráneo
5. Reparto de avisos de ausencia de potencial	5. Instalar apartarrayos de mayor capacidad que los normales	5. Uso de equipo hidráulico con sierra
6. Apertura y cierre de equipo	6. Instalar apartarrayos lo más cercano posible entre tramos	6. Cortar ramas de acuerdo a contratos de poda
7. Detección de potencial	7. Aumentar el nivel básico de aislamiento al impulso de los aisladores	7. Instalar apartarrayos de mayor capacidad que los normales
8. supervisión	8. Instalar tierras efectivas.	8. Instalar apartarrayos lo más cercano posible entre tramos
9. Auxilio a clase A y B	9. Usar tierras especiales	9. Aumentar el nivel básico de aislamiento al impulso de los aisladores
	10. Señalización a los postes	10. Instalar tierras efectivas.
	11. Refuerzo de la base del poste	11. Usar tierras especiales
		12. Señalización a los postes
		13. Refuerzo de la base del poste
		12. Reemplazo de postes chocados

**Como último recurso se debe pensar en acciones que requieran una licencia, para ello, es necesario realizar la solicitud de desenergización de la zona.**

#### 3.4 Aplicación piloto del programa.

Un ejemplo de la aplicación de este programa fue el alimentador COA28, el cual parte de la subestación Coapa, atraviesa la zona de Tepepan, Viaducto Tlalpan, San Pedro Mártir, Colegio militar, hasta llegar a la Carretera Federal a Cuernavaca, así como al pueblo de San Miguel Ajusco, dicho alimentador presentó un comportamiento conflictivo, debido al gran número de fallas mayores, como se puede apreciar en el cuadrículado de la siguiente página.

Comportamiento del Alimentador COA 28

Periodo: Primer Trimestre de 1998.

Enero

Alimentador	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
COA 28	▲						▲	▲	▲									▲		▲				▲								
COA 28	▲																		▲	▲												

Febrero

Alimentador	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
COA 28		▲	▲	▲							▲			▲	▲	▲					▲	▲					▲					
COA 28	▲	▲	▲								▲	▲	▲	▲	▲	▲						▲	▲									

Marzo

Alimentador	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
COA 28				▲																								▲	▲	▲		
COA 28	▲				▲																							▲	▲	▲		

Posteriormente se programaron las siguientes actividades dentro del mantenimiento preventivo desde febrero de 1998 a diciembre de 1998:

CAUSA DE FALLA	ALTERNATIVA	CANTIDAD
RAMAS EMPUENTADAS	SE CORTARON UTILIZANDO DERECHO DE VIA	
RAMAS CERCANAS	SE CORTARON UTILIZANDO DERECHO DE VIA SE CORTARON UTILIZANDO DERECHO DE VIA	657 ARBOLES
RAYOS	SE INSTALARON APARTARRAYOS	224
RAYOS	SE AUMENTO EL NIVEL BASICO DE AISLAMIENTO AL IMPULSO DE LOS AISLADORES	247
TERRENO CON ALTA RESISTIVIDAD	SE USARON TIERRAS ESPECIALES	18
POSTES CHOCADOS	SE REUBICARON LOS POSTES	55

CAUSA DE FALLA	ALTERNATIVA	CANTIDAD
Líneas colgadas	Tensar líneas	13 tramos
Falta de aislamiento	Limpiar porcelanas	356 aisladores 43 cortacircuitos

### 3.5 CONCLUSIONES

**ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

Una vez expuesto mi trabajo, que es una programación sistematizada de actividades, que se aplica previamente a la presencia de fallas en los alimentadores del Sector Xochimilco, es importante señalar la aportación significativa que éste constituye a los programas de mantenimiento preventivo. Antes de realizar este estudio, el mantenimiento que se les daba a los alimentadores del sector estaba basado en la corrección de algún desperfecto, es decir, la mayor parte de las acciones eran correctivas. Esta situación evidentemente no contribuía a aumentar la confiabilidad del sistema, pero si disminuía los recursos destinados al mantenimiento preventivo.

Mediante procesos sencillos, se sistematizaron las acciones que conforman el presente programa, durante la aplicación de las técnicas de planeación se identificaron actitudes positivas emanadas del trabajo en equipo. El personal fue invitado por parte del jefe a participar. La primera vez asistieron para satisfacer una petición por parte de su jefe, sin embargo al observar resultados importantes y aplicables a su trabajo diario continuaron participando activamente, incluso expresando ideas y experiencias que anteriormente no habían comentado entre ellos. El interés demostrado por parte del jefe para solucionar un problema, demuestra que es necesario e importante que los miembros de alta jerarquía se involucren para obtener resultados efectivos.

Las posibles alternativas se generaron teniendo siempre presente que entre más sencillas sean las soluciones, más aplicable podrán ser, debido a los recursos limitados con que cuenta la empresa. Esta característica más que

desventaja es asumida como una oportunidad por parte de las personas involucradas en el mantenimiento preventivo y se aprecia al momento de su participación activa y creativa.

Otra característica importante es que este programa no pretende sustentarse como el que debe ser aplicado en todo alimentador, pero si es el primero que permite visualizar los procesos mediante los cuales se puntualizan las causas de falla y las posibles soluciones, esto último permitirá más adelante que sea considerado como un modelo para desarrollar nuevos programas de mantenimiento en otros alimentadores o en los mismos.

Finalmente puedo asegurar que la excelente disposición de los ingenieros y su interés verdadero por darles mantenimiento a los sistemas de distribución antes de que ocurra una falla fue en gran parte un impulso para obtener este programa.

## ANEXO

---

### GLOSARIO DE TÉRMINOS ELÉCTRICOS

Alimentador:	Conjunto de conductores destinados al suministro de energía eléctrica, cuyo origen es la subestación de distribución y a lo largo de estos se conectan las diversas cargas de los usuarios ya sea directamente o a través de sus circuitos derivados.
ATIU:	Índice que mide la aportación de cada alimentador al tiempo de interrupción por usuario.
Base de datos:	Archivo informático que almacena los datos del sistema que opera.
Confiabilidad:	Habilidad de un sistema para mantener una capacidad continua de suministro de energía eléctrica.
Compañía Eléctrica:	Empresa orientada a la generación, transmisión y/o distribución de energía eléctrica.
Consumidor:	Usuario individual, firma u organización que compra servicio eléctrico en un sitio bajo ciertas condiciones de un contrato.
Distribución:	Parte constitutiva de un Sistema Eléctrico de Potencia, la cual opera para suministrar la energía eléctrica a los diversos usuarios.
Generación:	Parte constitutiva de un Sistema Eléctrico de Potencia, la cual transforma las diversas manifestaciones de la energía en energía eléctrica.
Interrupción:	Es la pérdida del servicio eléctrico de uno o más consumidores.
Protección:	Capacidad de los sistemas de automáticos de poder detectar e identificar las localizaciones de las fallas en los sistemas de distribución y aislar el circuito o equipo dañado del sistema de distribución.
Falla mayor:	Interrupción cuya duración es mayor a los 5 minutos.
Falla por temporada	Falla que se presenta en cierta temporada del año.
Nivel cerámico	Índice que mide la incidencia de descargas atmosféricas en una zona.
Tiempo de interrupción por usuario	Índice que indica el tiempo de interrupción del servicio por usuario en un periodo

---

## ELEMENTOS TEÓRICOS Y TÉCNICOS PARA EL ANÁLISIS

Para diseñar el programa de mantenimiento preventivo para las líneas de Distribución del Sector Foráneo Xochimilco, se realizó un proceso de planeación, en el cual, se describió al sistema en estudio, se relacionó a los elementos externos e internos; se analizó el problema, se generaron alternativas y se seleccionó las posibles soluciones.

Para ello, se utilizaron algunas Técnicas Heurísticas, tales como: Mapas conceptuales, la técnica TKJ, el Diagrama de causa - efecto, y se implementó el uso de una Hoja de Verificación.

Además se estudió y analizó a los diferentes tipos de mantenimiento existentes, se compararon para finalmente tomar cada una de las partes útiles que holísticamente nos proporcionaron la alternativa óptima, para la elaboración del programa de mantenimiento preventivo para redes aéreas de Distribución en la zona atendida por el Sector Xochimilco.

### 1. Técnicas heurísticas.

Las Técnicas heurísticas son un conjunto de técnicas, cuya utilidad radica en la búsqueda de una solución satisfactoria a los problemas analizados, en ello radica el poder de dichas técnicas, el manejo de ellas dentro de un proceso de planeación para obtener un fin deseado Sánchez Guerrero *ref* [9]. En el presente trabajo nos auxiliamos de las siguientes técnicas:

---

## Mapas conceptuales.

Un mapa conceptual es una herramienta que nos permite ubicar nuestro sistema de una manera gráfica, relacionando a los diferentes elementos del sistema, así como sus relaciones que aguardan entre sí.

Es importante señalar que es un proceso de categorización, el cual selecciona a los elementos más relevantes del sistema, así como sus funciones, es importante que los elementos estén unidos entre si por medio de arcos y nodos, posean un sentido, así como una entrada y una salida. Checkland *ref [10]*.

## Técnica TKJ.

La técnica TKJ fue desarrollada a partir de la técnica KJ, inventada por el DR. Jiro Kawakita , la principal característica que las, es que el proceso general de un TKJ es realizado en grupo. Esta técnica es una herramienta útil para la identificación y solución de problemas, parte de hechos superficiales, y llega a niveles de origen profundos. Consiste en reunir a un grupo de personas interesadas en analizar una situación problemática específica, mediante un proceso ordenado, llegando a sintetizar por el consenso de ellos, las causas que la están produciendo.

Tiene tres etapas: Formulación del problema, Identificación y Diseño de solución y Acciones de Implantación y control.

1. Formulación del problema: El grupo se integra con la participación de al menos un representante de cada grupo de personas involucradas en el problema. Habrá un facilitador quién dirigirá el grupo. Se reúne al grupo en un local que permita el desarrollo en un ambiente tranquilo; Se sientan en una mesa preferentemente circular, se explica la dinámica de trabajo y se estimula la confianza de los participantes, posteriormente se reparten tarjetas en blanco al grupo y el facilitador pide a cada participante anote los hechos que considere más relevantes a cerca del problema, una vez que las tarjetas están correctamente elaboradas, se revuelven y se intercambian, de tal manera que

---

cada persona tenga tarjetas diferentes a las que escribió, se ordenan las tarjetas de acuerdo al contenido común que puedan tener, estas se colocan en un sobre que será analizado mediante un orden lógico causal y se propone una síntesis para el sobre, se expone dicha síntesis debatiéndose en grupo hasta llegar a un consenso la relación lógica causal de las tarjetas, esto se realiza iterativamente hasta que quedan solamente dos o tres agrupamientos que constituyen el resultado final y su síntesis representa la causa raíz del problema, posteriormente se presentan los resultados en un cartel en forma de diagrama de árbol, cuadro sinóptico o diagrama de Kawakita, el diagrama se discute y se propone un título general que identificará al problema.

2. Identificación y Diseño de la Solución. El facilitador reparte de nuevo tarjetas en blanco, cada miembro del grupo basado en el análisis del árbol o diagrama identifica y escribe soluciones al problema formulado; Después se escribe en nuevas tarjetas las acciones de solución, se procede a intercambiarlas, agruparlas y obtener la síntesis como en los anteriores pasos. Este proceso conduce a la formación de un diagrama de soluciones, similar en estructura al anterior, sin embargo no debe buscarse una relación biunívoca entre los diagramas. Pero si debe vigilarse que el vértice del segundo árbol sea la solución al vértice del primer árbol.
3. Acciones de implantación y Control. Cada miembro del grupo selecciona una o dos tarjetas de solución del segundo diagrama. Escribe nuevas tarjetas de compromisos o acciones que realizará para concretar la solución propuesta a cada tarjeta. La tarjeta se escribe con el nombre, y se expresa brevemente la manera en que se realizará, el tiempo, los recursos que considere necesarios y las formas en que medirá el avance de las mismas, finalmente se comenta el ejercicio y se integran los compromisos para su seguimiento y control. Sánchez Guerrero *ref* [11].

## Diagrama de Causa - Efecto.

Un diagrama Causa-Efecto o Diagrama de Ishikawa, también denominado Diagrama de Espinazo de Pescado, es una herramienta analítico-gráfica usada para identificar las causas potenciales de un problema. Esta herramienta consta de tres etapas:

- Identificación de causas y efectos.
- Verificación de su validez y relevancia.
- Interpretación de los resultados.

Los pasos a seguir para construir un diagrama Causa-Efecto se explican a continuación:

Seleccionar un problema tratando de ser lo más específico y conciso que sea posible.

Enlistar por medio de lluvia de ideas las posibles causas, analizarlas con el objetivo de categorizar a las causas comunes, una vez determinadas las categorías estas también se jerarquizan para posteriormente graficarlas en el diagrama. Se procede al análisis de efectos de la misma manera, con ayuda de una lluvia de ideas se obtienen los efectos derivados de las causas antes encontradas, se categorizan, se jerarquizan y se colocan en el diagrama.

## **2. Herramientas estadísticas.**

### Hojas de verificación.

Las condiciones de cada alimentador son datos, los cuales proporcionan evidencia de los hechos y por ello deben ser recolectados en forma cuidadosa, así como el propósito para el cual se recolectan debe estar muy claro, si no es así, lo que

---

sucedirá es que se obtendrá mucha información, pero no se tomaran acciones debido a que no se sabe para que se quieren los datos. Los datos deben ser fáciles de recolectar y de ser usados. Las hojas de verificación son formatos usados para capturar fácil y rápidamente los datos que se obtienen al realizar un experimento o medir cierta característica de interés de un proceso.

Algunos de los usos de las hojas de verificación son:

- Verificar la frecuencia de repetición de actividades, defectos o sucesos.
- Verificar la localización de actividades, defectos o sucesos.
- Verificar posibles causas de problemas a resolver para investigar si son las causas raíz.
- Verificar las acciones a tomar previamente enlistadas. Estrada *ref* [12].

### 3. Tipos de mantenimiento.

Las definiciones de los tipos de mantenimiento que la práctica ha impuesto en el sector eléctrico se presentan a continuación:

#### Mantenimiento correctivo.

Son las actuaciones de mantenimiento dirigidas a la corrección de las anomalías de los componentes de las instalaciones, que han causado avería de las instalación, dejándola fuera de servicio.

Se trata por tanto, de un mantenimiento basado en una conducta reactiva, que reacciona frente a los acontecimientos y por lo tanto está a merced de ellos, y que condiciona la utilización de los recursos disponibles a la urgencia y aleatoriedad de los fenómenos que se presentan, con los riesgos de ineficiencias que de ello se derivan. Gutiérrez & Santos *ref* [13].

### Mantenimiento preventivo.

Son las actuaciones de mantenimiento dirigidas a la detección y corrección de las anomalías de los componentes de las instalaciones, antes de que produzcan una avería en la instalación que la deje fuera de servicio. Aquí la conducta no es reactiva, sino proactiva. Hay una iniciativa de quien gestiona el mantenimiento para adelantarse a los acontecimientos y utilizar sus recursos de acuerdo a sus criterios. Estos criterios son los que determinan el grado de proactividad y de independencia de la gestión frente a la aleatoriedad del comportamiento de los equipos y que nos permiten definir los otros estados superiores de mantenimiento. Gutiérrez & Santos *ref [13]*.

### Mantenimiento preventivo sistemático.

Son adecuaciones de mantenimiento preventivo, pero realizadas de acuerdo a una planificación eficiente de los recursos, y no en función de la oportunidad de una situación de indisponibilidad que aparece al hacer una labor de mantenimiento correctivo. Gutiérrez & Santos *ref [13]*.

### Mantenimiento predictivo.

Son actuaciones de mantenimiento dirigidas a la revisión de las instalaciones para valorar el estado de sus componentes -es decir diagnosticar-, antes de que se produzca una vería en la misma. Las actuaciones ya no están tanto basadas en una planificación temporal como en un seguimiento de los valores que son parámetros indicadores de la fiabilidad de los equipos. Las actuaciones no se programan de acuerdo con un calendario de aprovechamiento de los recursos disponible; sino en función de la evolución histórica del estado de los equipos, de forma que se puede hacer una programación diferencial para cada equipo. De

esta forma se revisan más a menudo aquellos equipos que más probabilidad tienen de fallar de acuerdo con un análisis de tendencias. Gutiérrez & Santos ref [13].

### Mantenimiento productivo.

Es el óptimo teórico. Son actuaciones de mantenimiento que sólo se realizan si aportan valor al producto que genera la instalación o equipo a mantener, maximizando los parámetros de rentabilidad, disponibilidad y seguridad. Está basado en un seguimiento continuo de los parámetros vitales del equipo - no sólo de un seguimiento histórico discreto, que exige un gran esfuerzo de automatización -, de forma que sólo se ejecuta una acción de mantenimiento cuando los valores de los parámetros monitorizados nos pronostican un deterioro inminente de su disponibilidad o seguridad.

### Tipos de mantenimiento preventivo en base a la periodicidad.

Dada la complejidad y el número de instalaciones que es preciso revisar, es necesario auxiliarse de una herramienta informática que proporcione la información necesaria para una gestión correcta operativa que es preciso desarrollar. Esto obliga a disponer de un fichero de instalaciones debidamente actualizados y otro que contenga los códigos de defectos, calificación y valoración de los mismos.

### Mantenimiento periódico.

Es aquel que se realiza, independientemente de la composición de la instalación, con una periodicidad predeterminada, generalmente cada tres años.

### Mantenimiento aperiódico.

Es aquel, dadas las peculiaridades características de una instalación, debe realizarse en unas determinadas fechas, por ejemplo, la poda de árboles, etc. García Landa ref [14].

### Gestión integrada al sistema de mantenimiento preventivo.

La posibilidad de disponer de herramientas informáticas y de comunicación con gran capacidad de almacenamiento de información y acceso distribuido en entornos abiertos, ha reconfigurado la gestión técnica de las redes de distribución en forma que se puede hablar de una integración de las distintas actividades clásicas:

- Planificación
- Obra nueva
- Mantenimiento.
- Operación.

Un sistema informático de gestión del mantenimiento es un programa organizado alrededor de una base de datos, que permite programar y seguir bajo los aspectos técnicos, presupuestario y organizacional, todas las actividades de un servicio de mantenimiento y los objetos de esta actividad, a partir de terminales distribuidos en los distintos puntos de gestión y operación.

La evolución de la gestión en una empresa dedicada a la distribución eléctrica condiciona el tipo de mantenimiento a realizar en cada una de sus etapas. Dentro de un entorno integrado de actividades, el mantenimiento se puede aprovechar de dos situaciones que redefinen su papel:

El grado de libertad de la gestión.

La disponibilidad de la información.

La evolución de la estrategia de mantenimiento está encaminada a lograr una gestión que reduzca la dependencia de los fenómenos aleatorios y que no sólo permita operar la red con un grado de independencia con el que maximicemos los parámetros indicadores de rentabilidad, disponibilidad y seguridad, sino que se logre una independencia con otras actividades de la gestión de distribución. Ver tabla 1.

Estado evolutivo	Información disponible	Grado de libertad	Tipo de mantenimiento
0	Ninguna	Dependencia	Correctivo
1	Ficheros	Moderada independencia	Preventivo
2	Base de datos de las instalaciones	Independencia	Preventivo sistemático
3	Históricos eventos	de Moderada interdependencia	Predictivo
4	Monitorización de parámetros visuales	de Interdependencia plena	Productivo

Tabla 1

Los distintos tipo de mantenimiento tiene necesidades de información propias, de tal forma que es precisamente la disponibilidad de información la que determina el tipo de mantenimiento que se puede plantear en cada momento y no la complejidad de los procesos de explotación implicados. de ahí que la información de la gestión de distribución ofrezca posibilidades de implantación de estrategias del mantenimiento que anteriormente no eran aceptadas bajo el análisis de los parámetros rentabilidad, disponibilidad y seguridad.

En el estado primitivo de la gestión de distribución no existe una información organizada de los elementos de la red ni de la operación, la estrategia de mantenimiento más generalizada, es la de esperar a que se produzca una avería o

---

bien otra intervención importante en una instalación para efectuar el mantenimiento correctivo e incluso acciones dispersas de mantenimiento preventivo. El grado de libertad es nulo y supone una dependencia total de los acontecimientos. Los recursos se dedican a atender más lo urgente que lo importante.

Cuando se dispone de ficheros de inventario de equipos, con sus ubicaciones actualizadas, se puede plantear acciones de mantenimiento preventivo con las que tener un control de qué se le hizo a cada equipo en una fecha determinada, pero solamente con la posibilidad de saber en la próxima intervención en un equipo - quizás aprovechando una acción de correctivo -, si el período transcurrido desde la última acción preventiva aconseja repetirla. Por lo tanto no se puede decir que aumente significativamente el grado de libertad.

Solamente si se dispone de una base de datos de las instalaciones, en las que estén reflejas las situaciones actuales de los equipos y las características técnicas que permiten definir las gamas de mantenimiento preventivo, es cuando se puede planificar campañas de mantenimiento preventivo sistemático. Se goza de una cierta independencia a la hora de definir el mantenimiento de los equipos, pero no se trata de la situación que maximiza los recursos disponibles de la empresa eléctrica: se debe ir hacia la interdependencia (gestión integrada).

A medida que con el tiempo se va incorporando información histórica al sistema y existe una integración con otros sistemas de la gestión de distribución, se puede pensar en una estrategia de mantenimiento predictivo basada en: análisis de tendencias, gamas de mantenimiento correctivo y sinergia con otras actuaciones sobre la red (operación de incidencias y obra nueva).

El estado ideal será aquel en el que la interdependencia con la operación automatizada es aquel que se puede monitorizar de forma continua un conjunto de parámetros vitales de los equipos, aumentado la fiabilidad de los pronósticos de tendencias empleados y evitando inspecciones preventivas innecesarias, intervenciones prematuras y averías. Gutiérrez & Santos *ref* [13].

---

## **PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE 1989 A 1998**

Es importante conocer la manera en la que las empresas eléctricas aplican programas de mantenimiento preventivo, la cual puede variar en relación con el tamaño y las necesidades de cada sistema. Los programas de mantenimiento preventivo desde 1989 hasta 1998 en Luz y Fuerza, y en otras empresas extranjeras que a continuación se presentan, cuentan con una estructura de análisis y resultados similares que permitieron diseñar la directriz de un nuevo programa de mantenimiento. Todos los programas que constituyen este capítulo fueron elaborados por diferentes personas y en diferentes empresas.

### **1. Programa de mantenimiento preventivo aplicado en Luz y Fuerza del Centro de 1989 a 1992.**

Este programa atendió alimentadores pertenecientes al sistema de Distribución Aérea de mediana tensión (23 KV. Y 6 KV.) por la Subgerencia de Distribución Aérea de la Compañía de Luz y Fuerza en 1992, comprendió un alto porcentaje del área urbana del D.F., quedando fuera en el sur la Delegación de Xochimilco y parte de la Delegación de Iztapalapa y en el norte una mínima parte de la Delegación Gustavo A. Madero, a cambio de esto se consideró al municipio de Ciudad Nezahualcoyotl. Debido al tamaño de la zona se establecieron tres departamentos: LÍNEAS ÁREAS NORTE, LÍNEAS ÁREAS SUR Y LÍNEAS AÉREAS PANTITLAN, y cada departamento estudió las siguientes características:

- Magnitud del sistema por área de atención, considerando el número de usuarios, la superficie en Km<sup>2</sup>, la carga en MVAs y la densidad de carga en MVAs.

- Tipos de servicios atendidos, con base en ello los alimentadores se clasificaron de la siguiente manera:

Blanco: Servicios de Hospitales, Dependencias de Gobierno, Plantas de bombeo y fábricas de servicios continuos.

Azul: Servicios industriales y comerciales.

Amarillo: Servicios residenciales y domésticos.

Establecieron una jerarquía de prioridades comenzando por los alimentadores blancos, después los azules y finalmente los amarillos.

- Las longitudes de los conductores expuestos, considerando las troncales (336 ALD), Subtroncales (ACSR 1/0) y Ramales (ACSR 2).
- El equipo de seccionamiento (restauradores, seccionadores, Juego de interruptores, Juegos de cuchillas) instalado en las redes de cada sector.
- El equipo instalado desde el transformador a los aisladores, tal es el caso de los transformadores, las acometidas, los corta circuitos, apartarrayos, postes, aisladores tipo alfiler y aisladores de tensión.

Registraron las interrupciones instantáneas y mayores por año. Teniendo el registro desde 1989 hasta 1991.

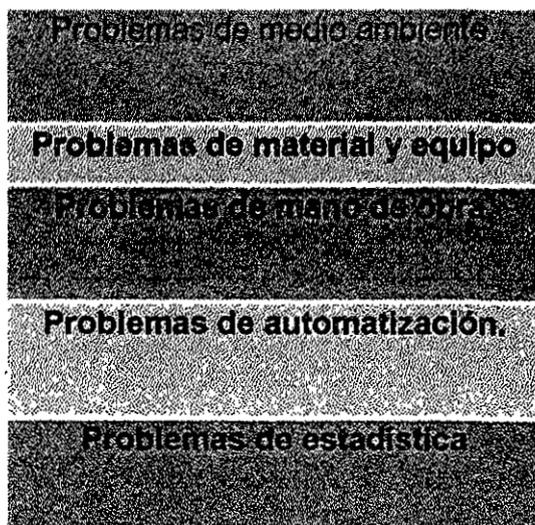
Lo mismo sucedió con las causas de falla por año, considerando el material fallado, el tipo de falla, la causa de la falla el total, y el tiempo fuera por los años de 1990 y 1991.

El tiempo de interrupción por usuario se registró para los años de 1987 a 1991 obteniéndose un promedio anual.

**En el periodo de 1989 a 1991 se efectuaron las siguientes acciones:**

- 
- Lavado de aisladores.
  - Reemplazo de aisladores.
  - Instalación de apartarrayos.
  - Reemplazo de apartarrayos.
  - Desrame de árboles.
  - Reemplazo de conectores.
  - Reemplazo de cortacircuitos.
  - Nivelación de crucetas.
  - Revisión y ajuste de cuchillas.
  - Reemplazo de cuchillas.
  - Revisión y ajuste de interruptores.
  - Reemplazo de tramos de línea.
  - Tensión de tramos de líneas.
  - Retiro de objetos extraños.
  - Nivelación de postes.
  - Reemplazo de postes.
  - Reemplazo de puentes.
  - Instalación de retenidas.
  - Tierras verificadas y corregidas.
  - Revisión y reemplazo de seccionadores.

Consideraron conjuntamente lo anterior con las horas-hombre utilizadas para ejecutar los trabajos de mantenimiento e identificaron los siguientes problemas:

**Problemas identificados:**

Las alternativas de solución sugeridas fueron:

**Continuar con el Programa de Mantenimiento que consta de las siguientes acciones:**

**Retiro de objetos extraños.**

**Poda de árboles.**

**Mantenimiento a equipo de seccionamiento.**

**Lavado o reemplazo de aisladores.**

**Instalación de apartarrayos.**

**Prontuario instructivo de mantenimiento.**

**Incrementar el equipo automatizado.**

**Prueba y aplicación de otros materiales y equipos.**

**Capacitación y adiestramiento a personal operativo**

**y Campañas de conscientización a la población.**

Larios *ref*[5].

## **2. Programas y acciones de mantenimiento preventivo de Luz y Fuerza del centro de 1994 a 1998.**

En la sección foráneo Xochimilco, se creó el programa de mantenimiento "Maniobras Aéreas desde el piso" (MAP), que se aplica en forma paralela, a los programas tradicionales aplicados en toda la compañía de Luz y Fuerza del centro.

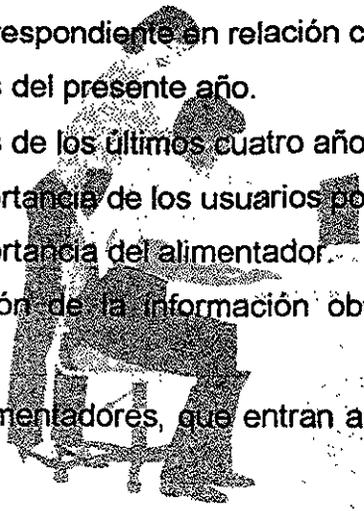
Este programa tiene el respaldo de una base de datos (tiempos fuera, tiempos de reparación, dirección y ATIU acumulado) de cuatro años de creación, que comprendió el periodo de 1988 a 1994. Así mismo, a partir de 1992 se desarrolló la innovación de un conjunto de procedimientos y herramientas bajo el concepto de maniobrar desde nivel del piso con elementos de extensión y acoplamiento de herramientas, incidiendo sobre las líneas aéreas con potencial, mediante labores que revisten alta seguridad, sencillez y rapidez con alto beneficio a bajo costo.

El objetivo de este programa es obtener un programa de mantenimiento integral, involucrando el concepto de innovación, actualización y desarrollo aplicado a procedimientos de trabajo, y así mismo comparar sus diferentes aspectos y resultados con métodos tradicionales.

Este nuevo programa de mantenimiento surge debido a factores del medio como fueron: falta de unidades de servicio, materiales, y compromiso del personal.

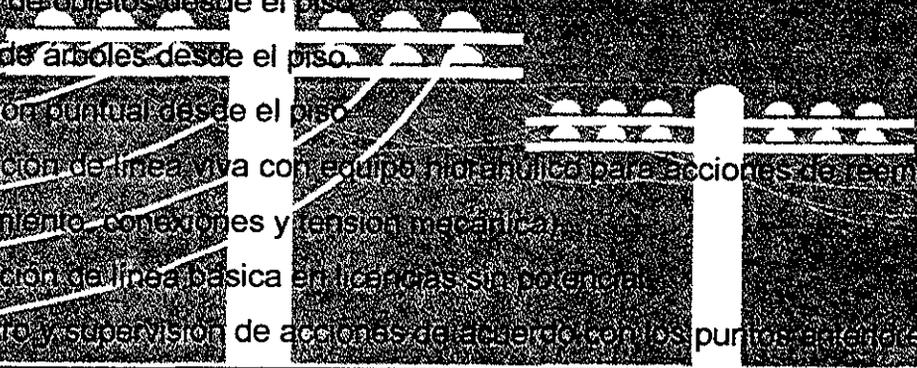
Las ventajas que presenta este programa, incluye aspectos cualitativos como son: alto grado de seguridad, efectividad, sencillez, versatilidad, oportunidad y frecuencia, amplitud, aplicación en terrenos inaccesibles o alto tráfico, adiestramiento breve y de fácil asimilación y desarrollo acelerado en habilidad y destreza.

El primer paso a seguir dentro de este programa es la selección de alimentadores conflictivos para programa trimestral, mediante:



Análisis del trimestre anterior.  
 Análisis del trimestre correspondiente en relación con el año anterior.  
 Análisis de los resultados del presente año.  
 Análisis de los resultados de los últimos cuatro años.  
 Consideración de la importancia de los usuarios por alimentador.  
 Consideración de la importancia del alimentador.  
 Cruzamiento y correlación de la información obtenida con los análisis previos, y finalmente  
 Determinación de los alimentadores, que entran a programa con base en los recursos disponibles.

Una vez que terminó el programa trimestral de mantenimiento conforme a los alimentadores seleccionados, la secuencia de acciones fue la siguiente:



Revisión puntual de los alimentadores.  
 Retiro de objetos desde el piso.  
 Poda de árboles desde el piso.  
 Revisión puntual desde el piso.  
 Aplicación de línea viva con equipo hidráulica para acciones de reemalazo (aislamiento, conexiones y tensión mecánica).  
 Aplicación de línea básica en líneas sin potencial.  
 Registro y supervisión de acciones de acuerdo con los puntos de interés.

Las funciones a realizar por parte de la cuadrilla del MAP son:

Lectura de equipos de seccionamiento.

Reemplazo de fusibles.

Retiro de objetos.

Poda.

Reparto de avisos de ausencia de potencial.

Apertura y cierre de equipo.

Detección de potencial.

Supervisión.

Auxilio a clase A y B.



Con el propósito de unificar criterios en los diferentes niveles de decisión, se utiliza una tabla deslizable, tamaño bolsillo, que comprende las características generales de cada alimentador y sus límites de control con el fin de que periódicamente se verifiquen los resultados contra los parámetros establecido, ver la tabla 1.

<b>ALIMENTADOR</b>	<b>IZT - 23</b>
<b>SUESTACIÓN</b>	<b>IZTAPALAPA</b>
<b>TENSIÓN</b>	<b>23</b>
<b>ORIENTACIÓN</b>	<b>NO</b>
<b>NIVEL SOCIAL</b>	<b>A</b>
<b>LONGITUD KM. (TOTAL)</b>	<b>62.0</b>
<b>USUARIOS (TOTAL)</b>	<b>16,042</b>
<b>USUARIOS/KM</b>	<b>308.8</b>
<b>ATIENDE SECTOR 1 (%)</b>	<b>IZT-70</b>
<b>ATIENDE SECTOR 2 (%)</b>	<b>TLA-30</b>
<b>DEPTO 1 (%)</b>	<b>DFX-100</b>
<b>DEPTO 2 (%)</b>	<b>0</b>
<b>ALTEX</b>	<b>NO</b>
<b>TRANSFORMADORES</b>	<b>227</b>
<b>SERVICIOS A.T</b>	<b>35</b>
<b>POZOS</b>	<b>19</b>
<b>HOSPITALES</b>	<b>0</b>
<b>GOBIERNO</b>	<b>4</b>
<b>COMERCIAL</b>	<b>1</b>
<b>UNIDAD HABITACIONAL</b>	<b>3</b>
<b>INDUSTRIAS</b>	<b>8</b>
<b>CUCHILLAS</b>	<b>25</b>
<b>INTERRUPTORES</b>	<b>26</b>
<b>SECCIONADORES</b>	<b>5</b>
<b>RESTAURADORES</b>	<b>0</b>
<b>CARGAS MVA'S</b>	<b>24.7</b>
<b>ZONAS ARBOLADAS</b>	<b>4</b>
<b>LICENCIA/AÑO</b>	<b>2</b>
<b>FALLAS TIPICAS</b>	<b>R.P.C.</b>
<b>FALLAS MES: Q1</b>	<b>5</b>
<b>MEDIANA</b>	<b>7</b>
<b>Q3</b>	<b>10</b>
<b>PROMEDIO</b>	<b>7</b>
<b>FALLAS/KM (AÑO)</b>	<b>1.63</b>
<b>ATIU MES:Q1</b>	<b>1.25</b>
<b>MEDIANA</b>	<b>3.09</b>
<b>Q3</b>	<b>6.72</b>
<b>PROMEDIO</b>	<b>3.41</b>
<b>LONGITUD KM (DFX)</b>	<b>52.0</b>

Tabla 1

Para poder realizar estas acciones, es necesario contar con las siguientes herramientas y equipo:

Cantidad	Unidad	Concepto
1	Pza.	Bastón Telescópico de 7 secciones.
1	Pza.	Bastón Telescópico de 8 secciones.
1	Jgo.	Bastón acoplable.
1	Pza.	Cuchilla 2.
1	Pza.	Cuchilla doble filo.
1	Pza.	Gancho sujetador.
1	Pza.	Espejo.
3	Pza.	Transicono.
3	Pza.	Chaleco reflejante.
1	Pza.	Escafera de extensión 3.50 m.
1	Pza.	Tensor Muey 1/0 aluminio.
2	Pza.	Tensor sapa 2 cobre.
1	Pza.	Montecarga 2/4 tonelada.
	Jgo.	Herramienta personal.
2	Pza.	Lámpara destello.
1	Pza.	Faro.
1	Pza.	Torreña.
1	Pza.	Radio transmisor.
1	Pza.	Volt ampermetro.
1	Pza.	Lámpara de prueba.
1	Pza.	Detector de potencial.
1	Pza.	Llanza de refacción.
1	Jgo.	Herramienta mecánico.
1	Pza.	Extintor.
1	Jgo.	Botiquin.

La capacidad de carga estimada para el vehículo (un sedan V.W) es:

Personal	200 kg.
Herramienta, material y equipo	250 kg.
Total	450 kg.
Luz y Fuerza Mantenimiento integral ref [6]	

### **3. Programas de mantenimiento preventivo de otras empresas suministradoras de energía eléctrica.**

#### El caso de Chilquinta, en Chile.

El sistema de distribución de CHILQUINTA, en Chile está compuesto por una gran variedad de equipos y elementos de diferentes tecnologías y antigüedades, que operan en condiciones climáticas, ambientales y topográficas muy distintas de un punto a otro. Estos requieren mantenimiento para lograr que se encuentren la mayor parte del tiempo posible en condiciones de prestar el servicio, además su operación no debe significar riesgos para las personas y demás equipos.

El mantenimiento al Sistema de Distribución se realiza sobre la base de Planes y Programas que están orientados a obtener la mayor disponibilidad de equipos e instalaciones en servicio, con un mínimo costo posible. Estos planes y programas consideran la frecuencia con que cada equipo o parte de él debe ser intervenido, y que debe hacerse en cada caso, a objeto de anticiparse a alguna falla que signifique interrupciones de servicio.

Para esta empresa, el costo de mantenimiento del Sistema de Distribución es la suma de los costos del mantenimiento correctivo más el costo del mantenimiento programado. La relación entre estos dos costos es inversa; a mayor gasto en mantenimiento programado corresponde menor gasto en mantenimiento correctivo, y viceversa.

Los recursos que más se utilizan en el mantenimiento del Sistema de Distribución, y que por lo tanto tienen directa influencia en su costo, son: mano de obra; contratistas, materiales; transporte; instrumentos; herramientas y equipos; viáticos y sobretiempo.

---

Existen consideraciones básicas para disminuir los costos de mantenimiento:

#### Mano de obra.

- Optimizar la estructura de los grupos y cuadrillas de trabajo, cuidando que no quede personal ocioso.
- Asignar a cada tarea los especialistas correspondientes, cuidando que no queden especialistas subutilizados, o asignados a tareas que no sean su especialidad.
- Preparar en forma sistemática nuevos especialistas y supervisores de terreno.
- Estimular la productividad y motivación positiva de cada trabajador.
- Capacitar y fomentar el desarrollo de cada trabajador.
- Fomentar y premiar las ideas nuevas e iniciativas orientadas a disminuir los costos de mantenimiento.
- Asignar tareas que no requieran ser cumplidas en plazos especiales para llenar tiempos muertos del personal de la compañía.

#### Contratistas.

Mantener permanentemente abierta la posibilidad de incorporar elementos nuevos a nuestros registros de contratistas de obras en el sistema de distribución.

Llamar periódicamente a Licitación las obras en el Sistema de Distribución, y cuando el tamaño del proyecto lo haga posible, llamar a propuestas especiales para asignar obras grandes.

Traspasar a contratistas todas aquellas tareas en que su utilización sea más económica que realizarlas con personal de la compañía.

Revisar en forma periódica los hombres-hora asignados a cada tarea.

#### Materiales.

Utilizar materiales equivalentes al original en las reparaciones de fallas, cuidando de no sobredimensionar las instalaciones.

Modificar las instalaciones o cambiar su capacidad sólo con el respaldo de evaluaciones técnico-económicas.

Analizar en forma permanente la posibilidad de reemplazar materiales y otros elementos, por sustitutos equivalentes técnicamente pero de menor valor.

Reutilizar materiales recuperados y equipos reacondicionados.

Transporte.

Optimizar la cantidad y tipo de vehículos a utilizar por los grupos y cuadrillas de trabajo, cuidando que no queden unidades ociosas en ningún horario y que no hayan vehículos sobredimensionados o sobreequipados.

Planificar las rutas antes de cada jornada, con el objeto de que los vehículos no hagan recorridos innecesarios.

Verificar que los vehículos transporten sólo los materiales y equipos que se utilizarán en cada jornada, de modo que no se sobrecarguen en forma indebida.

Instrumentos, herramientas y equipos.

Asignar a cada trabajador o grupo de trabajo sólo los instrumentos, herramientas y equipos necesarios para las faenas que se les correspondan, cuidando de no sobreequiparlos.

Utilizar los instrumentos, herramientas y equipos sólo de acuerdo a sus características nominales, especificaciones de fabricación. se debe evitar causarles un daño o provocarles envejecimiento prematuro.

Realizar mantenimiento a instrumentos, herramientas y equipos de acuerdo a sus especificaciones de fabricación.

Reacondicionar instrumentos, herramientas y equipos con elementos y repuestos adecuados, que garanticen una prolongación de su vida útil.

**Viáticos y tiempo extra.**

Planificar adecuadamente las tareas a realizar, cuidando en forma especial su duración y la oportunidad de ejecución. Se debe evitar el pago innecesario de viáticos y tiempo extra.

El mantenimiento en sí no puede aumentar los ingresos en forma directa, pero si se pueden aumentarlas ventas indirectamente, si se tiene en cuenta las siguientes recomendaciones:

*Analizar detalladamente las causas de las fallas, con el objeto de introducir cambios tendientes a eliminarlas o reducirlas. Estos cambios deben de ser realizados a través de modificaciones de normas vigentes o de las disposiciones constructivas.*

Planificar adecuadamente las tareas a realizar, cuidando en forma especial su duración, tratando de acortar el tiempo de interrupción del servicio. Para esto es necesario llevar a terreno todos los materiales, instrumentos, herramientas y equipos que deberán utilizar, de modo de evitar pérdidas de tiempo innecesarias.

Cumplir y hacer cumplir las políticas y procedimientos de prevención de riesgos de la compañía a fin de evitar accidentes. Los accidentes provocan interrupciones de servicio, además las pérdidas materiales y humanas.

Planificar el mantenimiento programado de modo que las desconexiones se realicen en épocas y horarios de baja demanda.

Cumplir con los horarios de las desconexiones programadas. Se debe tener en cuenta que los clientes adecuan sus programas de trabajo a ellas.

Adaptar las instalaciones y equipos a la demanda real, de modo de evitar interrupciones de servicio provocadas por sobrecargas.

Fomentar y premiar las ideas nuevas e iniciativas orientadas a disminuir los tiempos de interrupción del servicio. Vilches *ref* [7].

### Nuevas opciones para el mantenimiento del derecho de vía en E.U.A.

Aún cuando el mantenimiento del derecho de paso o de vía (DV) representa la tarea, siempre presente, de toda empresa eléctrica, los programas de mantenimiento, varían de una compañía a otra, debido a los intereses económicos y ambientales.

La razón principal de que se da mantenimiento del DV consiste en garantizar la confiabilidad. A medida que las líneas operen sobrecargadas, la continuidad del flujo de potencia asume mayor importancia. Si los árboles se dejan sin control, crecen bastante alto y pueden hacer contacto con las líneas, lo que trae como consecuencia fallas e interrupciones de energía. Algunas empresas afirman que los árboles son la causa primordial de sus interrupciones.

En las fallas transitorias, las ramas de los árboles que tocan a los conductores abren el campo eléctrico ocasionando pérdidas de energía. Además, los árboles pueden ser tan altos que las ramas gruesas, rotas o rozantes, pueden producir un daño físico a las líneas. Así mismo cuando se deja que la vegetación se haga demasiado espesa, puede obstruir el paso de vehículos del personal, impidiéndoles que utilicen el DV durante las maniobras de inspección o reparación.

Las principales razones porque varían los programas de DV son:

- La variación de las condiciones climáticas, de terrenos y de la vida vegetal.
- La diferencia en las cantidades de capital disponibles para establecer un programa.
- El nivel al cual se ubique un terreno rural, suburbano o urbano.
- Las preferencias entre los usuarios.
- Las restricciones ambientales.

Comúnmente, las líneas de distribución atraviesan zonas residenciales, por lo que los árboles deben mantenerse con un aspecto agradable, sin que exista un riesgo al usar compuestos químicos o maquinaria.

La poda es el método principal para controlar los árboles cercanos a las líneas de distribución. El mayor inconveniente reside en que la poda produce un crecimiento espontáneo, o sea, un nuevo brote vigoroso en el sitio del corte. Cuando se cortan, todos los árboles vuelven a crecer con más rapidez que cuando no sufren la poda además, cuando se cercena una sección de un árbol, el resto de éste recibe, de modo correspondiente más agua y más nutrientes, lo que hace que se desarrolle aún más rápidamente. Varios ciclos consecutivos de poda y nuevos brotes pueden dar lugar a que se desarrolle un grupo denso de retoños difíciles de remover. El crecimiento plantea también un problema debido a que las ramas nuevas son más delgadas y más débiles, por lo que es más probable que el viento las azote hacia el conductor.

Los nuevos brotes pueden desalentarse podando en determinadas épocas del año. La poda que se efectúa al principio de la primavera coincide con la temporada de crecimiento, dando lugar a nuevos brotes diseminados. La poda que se practica a finales del verano no causa una aparición considerable de nuevos brotes en ese año, por lo que en el año siguiente será menor la cantidad de nuevos retoños. No obstante, debido al gran número de kilómetros de DV y al tiempo que se necesita para podarlos, es imposible recortarlos todos en un tiempo óptimo.

---

Se proponen dos tipos de cuadrillas para mantener el DV de las líneas de distribución. El primero está formado por una cuadrilla con grúa, compuesta usualmente de dos a cuatro hombres, un camión y un elevador aéreo. En una cuadrilla típica de tres hombres, uno corta los árboles desde la canastilla, otro trepa por los árboles o corta las ramas desde el suelo; el tercero permanece en el suelo, introduciendo las ramas en el triturador y se cerciora de que los residentes no se acerquen mucho.

El segundo tipo consiste en una cuadrilla manual, la cual se integra comúnmente con un personal de dos a cinco hombres. La diferencia principal estriba en que no tienen grúa. Mientras tres hombres trepan por los árboles, dos se quedan en el suelo para despejar las ramas y prestar ayuda. Se prefieren las cuadrillas con grúa porque son más productivas. En ciertos casos, como cuando los árboles están en el patio de un usuario, la primera cuadrilla no puede tener acceso al área y debe emplearse una cuadrilla manual.

Por regla general, las virutas son propiedad de la empresa. El problema consiste en no saber que hacer con ellas, ha molestado desde hace mucho tiempo a las empresas. Las virutas no son un material ideal para usarse como paja debido a su naturaleza sucia y heterogénea. No obstante algunas empresas son capaces de venderlas como paja; otras regalan con el fin de promover buenas relaciones públicas. A veces, se venden para las centrales generadoras que las queman como combustible. Aunque las virutas pueden venderse el librarse de ellas cuesta dinero, por los gastos de transporte y almacenamiento. La compañía Seattle City Light investiga un sistema para empaquetar automáticamente las virutas en el sitio de la obra de modo que puedan distribuirse inmediatamente.

En algunos casos, las ramas no se desmenuzan sino que se regalan como leña, sin embargo, esto puede crear problemas. A menudo los residentes manifiestan el deseo de quedarse con la madera, pero escogen los pedazos bien recortados y partidos, es frecuente que las cuadrillas, cuando regresan al sitio al día siguiente, encuentren la mitad de la madera esparcida por la calle.

---

El uso de herbicidas en los DV de distribución se efectúa solo al mismo tiempo que el corte. Por ejemplo, un método común consiste en cubrir los tocones de árboles cortados con un herbicida, para impedir que vuelvan a crecer. Aunque se prefiere un herbicida basado en aceite, debido a su mayor permanencia en el corte, un herbicida basado en agua puede resultar igualmente afectivo si se aplica tan pronto como se haga el corte.

Reguladores del crecimiento de las plantas. Los compuestos químicos inyectables que retardan el crecimiento de los árboles están siendo aceptados. Estos compuestos pueden aplicarse solos o conjuntamente con el corte, para prolongar el ciclo de trabajo. Una ventaja de esta técnica estriba en que se efectúa con más facilidad que el corte o poda. Además como el compuesto químico franquea el medio ambiente exterior y entra directamente en el árbol, es menor el potencial de peligro para el medio ambiente, pero no resuelve el problema para siempre el árbol reanuda su crecimiento normal en unos cuantos años.

Finalmente, la remoción del árbol se practica cada vez más en áreas residenciales; Comúnmente, se obtiene un permiso para quitar un árbol de crecimiento rápido y en lugar de hacer cortes repetidos, lo remueve en su totalidad, para posteriormente reponerlo con una variedad de crecimiento lento, o compensa de otro modo al residente. Esta practica no se aplica frecuentemente, ya que a corto plazo es costosa. Creg *ref [8]*.

Los programas de mantenimiento preventivo se enfocan a prevenir posibles deficiencias que son más o menos relevantes de un lugar a otro, sin embargo es aquí donde radica también la similitud entre ellos al tener una estructura sistémica al momento de su aplicación. Razón por la cual es imprescindible conocer al sistema al cual se diseñará un programa de mantenimiento.

## BIBLIOGRAFÍA

---

- [ 1 ] Reséndiz- Nuñez, Daniel., El sector eléctrico de México, CFE, Fondo de cultura económica, 1994, pp. 23 – 25.
- [ 2 ] Leticia Campos Aragón, Experiencias concretas de innovación y aprendizaje tecnologico en la empresa Luz y Fuerza del Centro, IIE 6 PUE, UNAM, 1997, pp. 76 –78.
- [ 3 ] Espinosa y Lara Roberto, Sistemas de Distribución, Noriega Limusa, pp.21 – 50.
- [ 4 ] James J. Burke, Power Distribution Engineering, pag. 12, pp 21 – 28.
- [ 5 ] Larios Sanjuanico Angel El reto del mantenimiento de redes aéreas ante condiciones ambientales extremas en la ciudad de México, RVP'92-DIS-09 del IEEE, pp 75 – 80.
- [ 6 ] Gerencia de Distribución L y F Sección foráneo Xochimilco, Hacia un mantenimiento integral, pp I-1 – A-26.
- [ 7 ] López Vilches Luis, Incremento de la productividad del sistema de distribución a través del mantenimiento, 1ª. Reunión del subcomité de ingeniería de la distribución en Cartagena de las Indias, Colombia, agosto de 1996, pp 19 –21.
- [ 8 ] Creg, Paula, Nuevas Opciones para el mantenimiento del derecho de vía en las líneas de transmisión y distribución, pp 1 - 25.
- [ 9 ] Sánchez Guerrero Gabriel, Técnicas para el análisis de sistemas Parte 1, DEPFI, UNAM, México, 1991, pág. 6.
- [ 10 ] P. B. Checkland., Techniques in "soft" systems practice part 1: Systems diagrams – some tentative guidelines, Journal of Applied Systems Analysis, Volumen 6, 1979, pp. 33 – 40.
- [ 11 ] Sánchez Guerrero Gabriel, Técnicas para el análisis de sistemas Parte 1, DEPFI, UNAM, México, 1991, pp. 21 – 26.

- [ 12 ] Estrada Octavio, Mecanografía de la materia de Calidad, semestre 98 – I, DEPMI, UNAM, México 1997.
- [ 13 ] Gutiérrez Campos José Luis & Santos Moro Luis M, "El inventario de instalaciones de distribución como base de los planes de mantenimiento", pp. 73 – 77.
- [ 14 ] García Landa Miguel, Aplicación del Mantenimiento Preventivo a las instalaciones de distribución, Ponencia presentada en las 2ª Jornadas Técnicas de Redes eléctricas de Distribución y Conexión de equipos, 26, 27 octubre 1992, Madrid.
- [ 15 ] Fernández-Campa Barcelo José María, , La calidad del servicio eléctrico y el mantenimiento, Energía enero – febrero 1994, pp. 61 –64.
- [ 16 ] Kess Ackerman & Johan Smit Economic Maintenance Strategies for the future, Transmission & Distribution World february 1997, pp 40 – 47.
- [ 17 ] C. Atlani, Electricité De France, París, Live working on overhead medium voltage networks. Combination of three different methods. Concept of "protection element", CIREN 1989, pp 263 –264.
- [ 18 ] Ashok R. Parikh, Maintenance Managment of electrical equipment, leema Journal, June 1996, pp 17 –21.
- [ 19 ] M.L: Bosch et al, Factibilidad economica del mantenimiento de líneas de Distribución energizadas, Distribution 2000 – Network Managment 2 1993, Melbourne Australia Proceedings,k , Traducción, pp 1- 6.
- [ 20 ] Espinosa y Lara Roberto,Moctezuma Gonzalez Miguel A., López Monroy Guillermo, San Juan Muñoz Jaime, Propuesta de nuevo método de mantenimiento preventivo en alimentadores de distribución, RVP '98 DIS – 17 del IEEE, pp 104 – 109.
- [ 21 ] López Monroy Guillermo, López Gallegos Rafael, Polo Y. Salvador, Mantenimiento de alimentadores de distribución aérea en zonas de alta resistividad o con alta contaminación, RVP-89-DIS-24 del IEEE, pp 188 – 195.

- [ 22 ] J.L. Apodaca, Aplicación de control estadístico a los procesos de distribución, RVP-89-DIS-13 del IEEE, pp 112 – 119.
- [ 23 ] Instituto de Investigaciones Eléctricas, Convenio de participación entre la compañía de Luz y Fuerza del Centro y el Instituto de Investigaciones Eléctricas para atacar el problema de falla en aisladores de porcelana tipo alfiler clase 23 kv.